

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky

Studijní program Botanika



Bc. Jakub Němeček

Vliv pěstování jehličnatých monokultur na diverzitu rostlin

Effect of coniferous monoculture plantation on plant species diversity

Diplomová práce

Praha 2012

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Jaroslav Vojta, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Podepsán.....

V Praze dne 21. 8. 2012

Poděkování:

Rád bych zde poděkoval mému školiteli Jaroslavu Vojtovi za pomoc se zapeklitými problémy, především pak u počítačových programů. Těm z neznámých příčin ne vždy stačovala domluva nebo křik. Rád bych také poděkoval mé rodině a blízkému okolí za podporu.

Obsah:

1	Abstrakt:	7
1.1	Klíčová slova:	7
2	Abstract:.....	8
2.1	Keywords:	8
3	Úvod	9
3.1	Vývoj monokulturního lesního hospodaření ve střední Evropě	9
3.2	Světlo a další faktory v bylinném patře monokultury	10
3.3	Vliv opadu a humusu na bylinné patro	12
3.4	Úživnost půdy v monokulturním lese.....	13
3.5	Cíle práce	14
4	Metodika	16
4.1	Lokalita CHKO Křivoklátsko	16
4.2	Zájmové biotopy	18
4.2.1	Vygenerování bodů na zájmových biotopech.....	18
4.3	Zachycení proměnných v prostředí	20
4.3.1	Pořízení fytoocenologických snímků	20
4.3.2	Pořízení fotografií a dalších dat	21
4.4	Úprava dat.....	22
4.4.1	Úprava druhů	22
4.4.2	Úprava snímků	22
4.4.3	Úprava hemisférických fotografií	23
4.4.4	Kvantifikace světla v podrostu.....	24
4.5	Zápis a analýza dat	25
4.5.1	Turboweg for Windows.....	25
4.5.2	CANOCO	25
4.5.3	R-project	26
5	Výsledky	28
5.1	Vliv dominanty na bylinné patro lesa.....	28
5.2	Vliv geologie a geografie.....	32
5.3	Vliv potenciální přirozené vegetace	38

5.4	Procento vysvětlené variability.....	40
5.5	Interakce dominanty-potenciální vegetace	41
6	Diskuze	44
6.1	Diskuze k metodice	44
6.2	Diskuze k výsledkům	45
6.2.1	Vliv dominanty na bylinné patro lesa.....	45
6.2.2	Vliv geologie a geografie.....	47
6.2.3	Procento vysvětlené variability	48
7	Závěr.....	50
8	Citovaná literatura	51
9	Přílohy	59
9.1	Seznam zkratk:	59
9.2	Seznam druhů bylin:	60
9.3	Nastavení analýz hemisférických fotografií:	62
9.4	Seznam snímků:	63
9.5	Ellenbergovy hodnoty pro vybrané snímky:.....	69

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Vymezení studované lokality (červená linka) uvnitř hranice CHKO Křivoklátsko (zelená linka se zeleným šrafováním)	18
Obrázek 2: Vybraná lokalita se zaměřenými body na pozadí zájmových biotopů	20
Obrázek 3: a) fotografie oblohy na stanovišti; b) upravená fotografie oblohy na stanovišti.....	24

Seznam grafů:

Graf 1: Počty snímků dle jehličnaté a listnaté dominanty (4a) / geologického podloží (4b)	26
Graf 2: Počty snímků dle analyzovaných skupin (5a-Soil_Reaction ~ Listnatost, 5b-Nadvys ~ Listnatost, 5c-Shan_Index ~ Geo, 5d-Nutrients ~ Geo, 5e-Temperature ~ Geo)	27
Graf 3: Závislost počtu druhů v podrostu na typu dřeviny (jehličnatá/listnatá)	29
Graf 4: Závislost Ellenbergových hodnot pro půdní reakci (Soil_Reaction) na typu dřeviny (Jehličnatá/Listnatá)	30
Graf 5: Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) s Hillovým škálováním os	31

Graf 6: Kanonická korespondenční analýza (CCA) skupiny Dominanta, jako vysvětlující druhové složení podrostu.....	32
Graf 7: Závislost počtu druhů (počet_dru) podrostu na geologickém podloží (arkpis – arkózové pískovce, droby - droby, hliuloz – svahové a splachové uloženiny, sterky – potoční a říční štěrko-písky)	33
Graf 8: Závislost počtu druhů (Počet_dru) bylinného patra na nadmořské výšce – Nadvys (rozděleno dle typu dominanty)	34
Graf 9: Závislost Shannonova index diverzity (Shan_Index) na geologickém podloží (Geo)	35
Graf 10: Závislost Ellenbergových hodnot dostupných živin pro rostliny (Nutrients) na geologickém podloží (Geo).....	36
Graf 11: Závislost Ellenbergových hodnot pro teplotu rostlin na stanovišti (Temperature) na geologickém podloží (Geo).....	37
Graf 12: Kanonická korespondenční analýza (CCA) skupiny Geologických a geografických (Geo), jako vysvětlujících proměnných druhového složení podrostu	38
Graf 13: Kanonická korespondenční analýza (CCA) skupiny Potenciální přirozené vegetace, jako vysvětlujících proměnných druhového složení podrost	39
Graf 14: Kruhový diagram znázorňuje procenta vysvětlené variability jednotlivých skupin proměnných prostředí. Skupina Geologických a geografických faktorů je označena názvem Geologie. Skupina Potenciální přirozené vegetace je označena názvem Potenciální vegetace	40
Graf 15: Kanonická korespondenční analýza (CCA) pro interakci typu dřeviny (List-Listnatá/Jehl-Jehličnatá) a potenciální přirozené vegetace svazu Luzulo-Fagion (LF)	41
Graf 16: Kanonická korespondenční analýza (CCA) pro interakci typu dřeviny (List-Listnatá/Jehl-Jehličnatá) a potenciální přirozené vegetace svazu Tilio cordatae – Fagetum (TF)	42
Graf 17: Kanonická korespondenční analýza (CCA) pro interakci typu dřeviny (List-Listnatá/Jehl-Jehličnatá) a potenciální přirozené vegetace lužních lesů	43
Graf 18: Závislost počtu druhů v podrostu na druhu dřeviny (neprůkazný test $Pr > 0,05$)	47

1 Abstrakt:

Struktura a funkce monokulturních lesů jsou odlišné od lesů přirozených. To má vliv na diverzitu bylinného patra. Změny bylinného patra jsou zvláště patrné v případě monokulturních jehličnatých porostů. Ty jsou z hlediska druhové bohatosti vůbec nejchudší. Diverzita lesa v zastoupení druhu dominanty byla doposud analyzována s nedostatečnými výsledky. Tato práce pak přináší poznatky o druhovém složení a bohatosti takových monokultur. Zároveň přináší informace o dalších faktorech prostředí, které ovlivňují diverzitu a druhovou skladbu stanoviště. Potvrzením je, že jehličnaté monokultury jsou druhově, a to početně i skladbou, odlišné od monokultur listnatých. Zároveň jehličnaté monokultury mění podmínky prostředí a celé biotopy. Navíc na jehličnaté monokultury, v místě studované lokality Křivoklátska, nejsou vázány žádné druhy bylinného patra.

1.1 Klíčová slova:

Diverzita bylinného patra, monokultura, jehličnatý strom, listnatý strom, Křivoklátsko, geologie, geografie, potenciální přirozená vegetace

2 Abstract:

A structure and a function of a monoculture woodland is different from the natural woodland condition. This is an influence of a herb layer diversity. The change of the herb layer are mainly distinguishable in the case of tree coniferous monoculture. They are the poorest at all of them viewpoint diversity. The diversity of the woodland was analysed with an insufficiently consequence. This study get the knowledge about the species composition and the diversity of these monoculture. At the same time get the knowlege about next factores, which change diversity and species composition of stand. As a confirmation of this, coniferous monoculture are numerously and species-compositionally different from broadleave monoculture. And more, coniferous trees change the enviroment's condition and the whole biotopes. There are not depend any species of the herb layer at the coniferous monoculture on this studied site of Křivoklátsko.

2.1 Keywords:

Herb layer diverzity, monokulture, conifer tree, broadleaved tree, Křivoklátsko, geology, geography, potential natural vegetation

3 Úvod

3.1 Vývoj monokulturního lesního hospodaření ve střední Evropě

Les, který nás dnes ve střední Evropě obklopuje, prošel za posledních několik staletí velkou přeměnou. Velký podíl na tom měl a má člověk. Jeho silný vliv na lesní půdu, přeměnu druhové skladby a introdukci nepůvodních druhů je zřetelný zejména posledních 200 let, kdy člověk a jeho společnost provází intenzivní rozvoj (Emmer, 1998). Tomuto rozvoji předcházela intenzivní tlak na krajinu. Velká potřeba dřeva, případně zemědělské půdy, vedla k intenzivní těžbě a přeměně lesních biotopů na pole, louky a pastviny. Tyto změny zásadně ovlivnili druhové složení bylinného patra. Podíl přirozených lesů v krajině tak razantním způsobem klesal (Peterken, 1996).

Nejvyššího odlesnění docílil člověk v 18. století (Koerner et al., 1997). V době kdy se už začaly rodit obrozenecké nálady a cítění k přírodě. Nejprve se k myšlenkám přidali lidé na západ od našich hranic. Převládala zde snaha o přeměnu krajiny do stavu, který předcházela industriálnímu rozvoji (O'Hara, 2001; Gamborg, 2003). Odlesněnou krajinu chtěli lidé zalesnit, popřípadě zbylé lesy propojit. Na přelomu 18. a 19. století se proto přistoupilo k intenzivnější výsadbě stromů. S ohledem na neutuchající potřebu dřeva se sázely především rychle rostoucích druhy dřevin. Stejnověké porosty jedné dřeviny, sázené v pravidelných řadách, měly urychlit a zjednodušit těžbu. K výsadbě lesa se často používaly dřeviny, které byly na daném místě nepůvodní. Zde se jednalo převážně o výsadby jehličnatých druhů dřevin. Hlavními dřevinami této skupiny byly: *Picea abies* (smrk ztepilý) a *Pinus sylvestris* (borovice lesní) (Kenk & Guehne, 2001). Některé dřeviny však byly importovány i ze zámořských lokalit. Jednalo se například o druhy: *Larix kaempheri* (modřín japonský), *Picea sitchensis* (smrk sitka) a *Pseudotsuga menziensis* (douglaska tisolista). V obou případech můžeme hovořit o výsadbě monokulturního lesa (Peterken, 2001; Jonášová, Hees & Prach, 2006).

Ve středních polohách Evropy se díky rychlejšímu růstu uplatňovaly jehličnaté dřeviny. Hlavní dřevinou, která se vysazovala do monokulturních porostů, byla *Picea abies* (smrk ztepilý). V mnoha případech tomu tak bylo na úkor tehdy daleko více rozšířeného buku. Na základě tohoto trendu hovoříme o nástupu boreálního typu lesa ve střední Evropě (Emmer et al., 1998).

Na území České republiky zabírají jehličnaté lesy plochu 73,9 % z lesní půdy. Jak již bylo řečeno, největšího podílu dosahuje les s jehličnatou dřevinou a to: *Picea abies* (smrk ztepilý), který byl vysázen na 51,9 % lesní půdy. Dle přirozeného stavu by jeho zastoupení však nemělo přesahovat 11,2 % lesní půdy. Oproti tomu obnově listnatých dřevin byla přikládána menší váha. Stav k roku 2010 dle Zprávy o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky hovoří o zastoupení pouze na 25,1 % lesní půdy. V případě tohoto typu lesa jsou nečastěji zastoupeným druhem dřeviny *Fagus sylvatica* (buku lesního) a *Quercus spp.* (dub) a jedná se o hodnoty 7,3 %, respektive 6,9 % lesní půdy. Přitom přirozené zastoupení těchto dřevin je v rámci naší republiky na 40,2 % v případě *Fagus sylvatica* (buk lesní) a 19,4 % v případě *Quercus spp.* (dub) (www.mze.cz [2012-05-10]).

3.2 Světlo a další faktory v bylinném patře monokultury

Bylinné patro se mění v závislosti na stavu mnoha faktorů prostředí. Takové faktory můžeme rozdělit na primární a sekundární. Primární faktory prostředí jsou takové, které jsou tvořeny abiotickými prvky prostředí. Jedná se o geologické podloží, půdu, vlhkost půdy a další podmínky stanoviště. Sekundární faktory tvoří například humus, světelné podmínky podrostu a další prvky prostředí, které jsou dílem tvořeny pomocí primárních prvků a dílem tvořeny dominantou samotnou. Několik prací hovoří o větším efektu primárních prvků prostředí na les (Augusto et al., 2003; Kolb & Diekmann, 2005; Thomsen et al., 2005). Děje se tak v případě lesa, který je méně řízen lesnickými zásahy a rozkládá se v určité blízkosti přirozeného lesa. To však není častý případ monokulturních lesů. Zde se zdá být silnější efekt právě sekundárních faktorů (Naaf & Wulf, 2009).

Jedním s důležitých sekundárních faktorů prostředí je struktura monokultury (Ferris et al., 2000; Barbier et al., 2008; Smith et al., 2008). Ta je na první pohled odlišná od lesů přirozených (French et al., 2008; Paritsis & Aizen, 2008). Je tedy zřejmé, že odlišnosti ve struktuře stromového pokryvu budou mít vliv na strukturu a druhovou bohatost nižších pater vegetace (Peterken, 1996; Calster et al., 2008). Z hlediska diverzity lesního ekosystému hraje právě bylinný podrost stěžejní úlohu (Gilliam, 2007; Axmanová et al., 2012). Zároveň je na jeho

přítomnost a bohatost navázána celá řada dalších organismů a ekologických procesů uvnitř lesa. Příkladem může být závislost fauny nebo přirozená obnova a uspořádání juvenilních dřevin, případně keřového patra (Jukes et al, 2000).

Struktura stromového patra ovlivňuje množství světla v podrostu (Barbier et al., 2008). To dále určuje strukturu bylinného patra (Naaf & Wulf, 2007; Paritsis & Aizen, 2008).

Prostupnost světla skrze zápoj dominanty je však závislý na mnoha dílčích faktorech. Podstatný vliv na prostupnost světla v porostu má druh dominanty a její prostorové uspořádání listů/jehlic (Canham et al., 1994; Klinka et al., 1996). Další důležitou veličinou je velikost olistění a optické vlastností listů (Canham, 1994, Ellenberg, 1988, Skov & Svenning, 2003).

Většina studií založených na zkoumání vlastností v prostupnosti světla dle jednotlivých druhů dominanty však vyšla příznivěji pro jehličnaté druhy dominant, tedy: *Fagus* sp. < *Betula* sp. a *Picea* sp. ≤ *Pinus* sp. (Barbier et al., 2008). Studie dále potvrdily více světlo milných druhů podrostu pod dominantou *Picea abies* (smrk ztepilý), oproti stanovištím s dominantou druhu *Fagus sylvatica* (buk lesní). Dnešní druhové složení podrostu však může být dle Thomas et al. (1999) více ovlivněné režimem světla v minulosti.

V monokulturních lesích, kde dřeviny spojuje stejnověkost porostu, je prostupnost světla v podrostu také závislá na cyklu lesa (Eycot, Watkinson & Dolman, 2006). Monokulturní les je skrze lesnické zásahy uměle řízen ve 40-100 letých cyklech. Délka cyklu vždy záleží na druhu dřeviny a stanovištních faktorech. V první části cyklu jsou vysázeny semenáčky dřeviny. Ty v průběhu 30-ti až 40-ti let utvoří ucelený zápoj vegetace. Během této doby dochází k silnému tlaku na nelesní druhy, které mohou v průběhu desítek let pod silným zástínem i vymizet (Kirby, 1988; French et al., 2008).

Množství světla v podrostu, jak už bylo řečeno, lze ovlivnit volbou dominanty. Druhy, které v případě monokulturní výsadby během cyklu zvyšují prostupnost světla korunových zápojem dominanty, jsou mnohé. Příkladem u jehličnatých monokultur může být *Pinus spp.* (borovice) a *Larix spp.* (modřín) (Pigott, 1990; Barbier et al., 2008; Mudrák et al., 2010).

V dalších fázích lesa dochází k jeho prosvětlení a to výběrovým prořezem. Na závěr cyklu dochází k těžbě dřeva. Častou formou těžby v monokulturním lese je takzvaná holoseč. Jedná se

o odtěžení veškeré biomasy dominanty. Po takové těžbě prochází bylinné patro opět značnou přeměnou (Hannerz & Hånell, 1997). V podrostu dojde k rozvoji ruderalních a travinných druhů bylinného patra a k poklesu mechového patra (Kembel et al., 2008). Pokud je však těžba vynechána, a na lokalitě dojde k přestárnutí porostu včetně hromadění odumřelé biomasy (Humphrey, 2005; Smith et al., 2008), začnou se v podrostu na základě měnících se podmínek prostředí vyskytovat druhy charakteristické pro přirozené nebo přírodě blízké lesy. Jedním z těchto druhů je například *Oxalis acetosella* (Graae and Heskjaer, 1997; Ferris et al., 2000).

3.3 Vliv opadu a humusu na bylinné patro

Jedním z dalších zkoumaných sekundárních faktorů, ovlivňujících podrost, je kvalita a kvantita humusu. Množství humusu závisí na mnoha dílčích faktorech, stejně jako tomu je u světla. Jedním z nich je opět druh dominanty, potažmo její opad (Wulf & Naaf, 2009). Další je pak jeho závislost na podmínkách stanoviště a charakteru klimatu. Vyšší množství opadu může mít negativní důsledky na bylinný podrost. Mechanicky může opad překrývat byliny v podrostu, tvořit silnou vrstvu humusu a bránit tak jejich růstu. Může také znesnadňovat zakořenění semen v půdě (Foster & Katherine 1998; Eckstein and Donath, 2005; Dupuy & Chazdon, 2008). Fyzikální vlastnosti humusu mají pak důležitý význam pro utváření mikroklimatu podrostu, například mají vliv na udržení půdní vlhkosti a teploty. Pro bylinné patro jsou důležité i chemické vlastnosti humusu (Barbier et al., 2008). V případě jehličnatých porostů má humus díky opadu daleko kyselejší charakter (Augusto et al., 2002). V případě některých druhů dřevin můžeme hovořit o takzvané fytotoxicitě. Ta je vyšší u mnoha jehličnatých druhů v porovnání s listnatými a taktéž negativně ovlivňuje byliny v podrostu (Hagen-Thorn et al., 2004; Barbier et al., 2008).

Studie Augusto et al. (2002, 2003) se také věnuje úživnosti půdy v závislosti na druhu dominanty a současně porovnává hmotnost jejího opadu. Mimo jiné se zde hovoří o vyšší hmotnosti opadu pod jehličnatými druhy dominant. Pro srovnání: *Fagus sylvatica* < *Picea abies*, *Quercus petraea* < *Picea abies*, *Quercus robur* < *Picea abies*, *Quercus robur* < *Fagus sylvatica*. Důležitost porovnání opadu tkví v rozdílné struktuře a rychlosti rozpadu, což má vliv především na prorůstání semenáčků.

3.4 Úživnost půdy v monokulturním lese

Vliv struktury a druhové skladby stromů na kvalitu půdy je dostatečně znám (Nordén, 1994a; Augusto et al., 2003; Van Calster et al., 2009). Přesto můžeme pH půdy a její vlhkost zařadit do skupiny primárních faktorů prostředí (Naff & Wulf, 2009). Půda je jednou ze složek prostředí, která je tvořena interakcí dominanty a geologického podloží. Její kvalita a úrodnost pro bylinné patro je závislá na dostupnosti bází a půdní vlhkosti (Skov & Svenning, 2003; Eycot, Watkinson & Dolman, 2006; Leuschner & Lenzion, 2009). V mezo- a eu-trofních bukových lesích (*Fagion sylvaticae*) je tento vztah dle studie Härdtle et al. (2003, 2005) pozitivně korelován. Úrodnost lze pak definovat, jako množství biomasy, které je daný typ půdy schopen zásobovat živinami (Augusto et al., 2002).

Mnoho studií ukazuje vliv jehličnatých monokultur na snížení pH (Davis 1990; Koch, 1993; Augusto, 2001; Thelin et al., 2002; Van Calster et al., 2007) a zvýšenou depozici polutantů (Emmer et al., 1998; Horgan et al., 2004; Small & McCarthy, 2005; Van Calster et al. 2007; De Schrijver et al., 2007).

Největší nevyváženost příjmu a ztráty živin v půdě je prokazatelně spojeno opět s dominantou druhu *Picea abies* (smrk ztepilý) (Fichter, 1998, Augusto et al., 2002). V porovnání této dřeviny s listnatým druhem *Fagus sylvatica* (buk lesní) je ztráta živin na stanovištích 2-krát, až 4-krát větší (Rothe, 2002). I ve studii Augusto et al. (2002) došli k hypotéze, že výsadba *Picea abies* (smrk ztepilý) na stanovištích listnatých druhů vede ke snížení živin v prostředí. Děje se tak do té doby, než se hladina živin ustanoví v nové rovnováze. To samozřejmě vede k silnému vlivu na vegetaci. Vliv v okolí jedince stromu je o to silnější, o co je vyšší zásaditost podloží (Kirby, 1988). Nicméně půdy na bazických substrátech mají daleko lepší tlumící efekt pro zachování původních druhů podrostu, nežli je tomu v případě kyselých půd (Thimonier, 1994). Lokálně se pak změny v množství živin projeví především v blízkosti kořenů (Courchesne et al., 1997) a horních deseti centimetrech půdy (Augusto, 2000; Augusto, 2001; Augusto et al., 2003).

3.5 Cíle práce

Na základě předcházející rešerše jsem se rozhodl pro diplomovou práci, která se zabývá podrostem monokulturních lesů typických pro Českou republiku. Důležitost tohoto tématu jsem cítil z potřeby více porozumět lesům s mimořádným podílem svého zastoupení na našem území. Zvláště pak jsem se pro dané téma rozhodl po zjištění, že některé práce se čistě monokulturní jehličnatým porostům spíše vyhýbají (Kirby 1988, Van Calster et al, 2007). Často tomu tak je z potřeby postihnout daleko bohatší společenstva. Náhradní společenstva monokulturních lesů, pak ponechat svému osudu a v zásadě čekat, dokud se nezmění prvotní účel a zaměření takovýchto lokalit.

Druhým motivem, který mě přiměl zabývat se působením monokulturních lesů na bylinný podrost, byla okrajová znalost vlivu jednotlivých dominant. Přestože toto téma je skloňované v řadě prací, je jeho pochopení stále na začátku. V ekosystémech, jako je les, dochází k řadě propojených interakcí a je v nadlidském úsilí postihnout všechny. Avšak právě na příkladu monokultury by z logiky věci mělo dojít k postihnutí „čistého“ vlivu dominanty. Každá taková dominantka je charakteristická řadou vlastností, které s prostředím interagují a utvářejí tak základ pro druhy bylinného patra nejenom monokulturního lesa. Je třeba takové vlastnosti uchopit a počítat s nimi v prováděných analýzách. Jen tak může být vliv dominanty na prostředí spodních pater vegetace řádně prozkoumán.

Přesto, že je chtěným cílem pochopit vztah zastřešující vegetace na její nižší patra, je potřeba počítat i s primárními podmínkami prostředí (Florinský & Kuriaková, 1996). Ty hrají klíčovou úlohu jak v prvotním formování vegetace, tak v jejím následném rozvoji. Přítomnost daných abiotických podmínek totiž samozřejmě do určité míry určuje druhy, které lokalitu využijí. Proto je třeba se souborem abiotických podmínek prostředí pracovat společně a počítat s ním. Rozdíly mezi částmi takové oblasti je třeba postihnout a kvantifikovat, jako je tomu u mnohých studií, které jsem zahrnul v předchozí rešerši. Častými prvky takových studií jsou geografické a orografické informace o prostředí. Nicméně jsem zde nenašel užší pohled na propojenost těchto prvků prostředí s geologickým podložím oblasti. Respektive studie hovoří o homogenním podloží ve studované lokalitě a nezaměřují se na detaily takového tvrzení. To však

může být pravda jen do určité míry, nejspíše však toto zobecnění nepostihne drobné rozdíly ve struktuře podloží, potažmo půdy. Cílem této práce je pracovat s dostupnými informacemi nejen o geografickém a orografickém členění, ale i s informacemi o geologickém podloží.

V návaznosti na efekt dominanty a abiotických složek prostředí je snahou postihnout změny v podrostu, které by mohly být typické pro určitý druh dominanty nebo alespoň skupinu dominant. Snahou je postihnout změny ve vegetaci bylinného patra pro budoucí vývoj monokulturního lesa, zapříčiněné výsadbou určitého druhu nebo typu dominanty. Zjistit, zda některé dřeviny neovlivňují vegetaci spodních pater takřikajíc „svým“ směrem. Na základě předchozích studií se toto jeví pravděpodobné.

Na základě veškerých dat, která jsou pro účely diplomové práce analyzována, je potřeba zhodnotit jejich celkový dopad na bylinný podrost v monokulturním lese. Pro svá specifika je rozdělit do lépe uchopitelných skupin. Tyto jednotlivé skupiny pak porovnat mezi sebou, a to včetně případných překryv. Takto uspořádaná data by mohla napomoci lépe porozumět vztahům uvnitř monokulturního lesního ekosystému.

V neposlední řadě byl mým motivem, k napsání diplomové práce na toto téma, potenciální přínos místně nepůvodní dřeviny. V úvahu přicházejí druhy dřevin, které se přirozeně vyskytují ve vyšších nadmořských výškách, popřípadě na jiných lokalitách (Nožička, 1972). Takovou hojně využívanou dřevinou u nás je *Picea abies* (smrk ztepilý). Bylinné druhy, které jsou případně vázané na tuto dřevinu, by tak eventuelně mohly obohatit druhovou skladbu jiných lokalit (Brockhoff et al., 2008).

Na základě těchto úvah a tezí jsem došel k několika otázkám, které tvoří muštr této práce. Otázky, které jsem si při přípravě položil:

1. Jaký efekt na podrost má monokulturní dominanta?
2. Jaký vliv na vegetaci spodních pater monokultur má geologie a reliéf?
3. Jak se mění bylinné patro monokultury dle potenciální přirozené vegetace?
4. Jak působí faktory prostředí na vegetaci spodních pater monokultur vcelku?

4 Metodika

4.1 Lokalita CHKO Křivoklátsko

Historicky bylo území vyvýšené pahorkatiny Křivoklátska člověkem spíše extenzivně využívané. Ve středověku toto území využívala česká knížata a králové jako královskou honitbu. Neumožnili tak lesní porosty ve větší míře vykloučit a přeměnit je na plochy s jiným využitím, například pro založení nových polí. V oblasti proto také nemohlo dojít k většímu rozvoji osídlení. Do dnešních dnů se nám proto zachovalo poměrně vysoké procento zalesněné plochy Křivoklátska, která představuje 63 % území (Kolbek et al., 1997).

Vysoké procento zalesnění a nízká přeměna křivoklátských lesů vedla organizaci UNESCO, aby dne 1. března 1977 zařadila oblast Křivoklátska do svého programu MaB – člověk a biosféra (Man and Biosphere). Pod právní ochranu ze strany českého státu se oblast dostala následující rok a to výnosem ministerstva kultury ze dne 24. listopadu 1978. Toto dne jí byl přisouzen status chráněné krajinné oblasti (CHKO Křivoklátsko) (www.AOPK.cz).

CHKO Křivoklátsko se rozkládá na ploše o rozloze 62 792 ha v západním cípu Středních Čech, asi 50 km od hlavního města Prahy. Nejvyšším bodem na území CHKO Křivoklátsko je vrch Těchovín se svou výškou 616 m n.m., naopak nejnižším bodem je hladina řeky Berounky při hranici této oblasti s nadmořskou výškou 217 m n.m. (Kolbek et al., 1997).

Oblast Křivoklátska můžeme geograficky zařadit k soustavě vrchoviny Berounky. Ta se zde dělí na podsoustavu Brdské vrchoviny a podsoustavu Plzeňské pahorkatiny. Do Brdské pahorkatiny patří pak její větší část a lze ji dále členit. Její první část tvoří Křivoklátská vrchovina, jež je geograficky pestrá. Druhou částí je pak právě studovanou Lánská pahorkatina, která je naopak tvořena především širokými plošinami s pozvolnými svahy. Menší část pak patří do zmiňované Plzeňské pahorkatiny v části zvané Kralovická pahorkatina. Ta je tvořena chudě zvlněným geologickým reliéfem. Hlavní dělicí osou, která přetíná území Křivoklátska od západu na východ, je řeka Berounka. Ta se svými přítoky zatíná do krajiny a tvoří strmá údolí s inverzním charakterem podnebí, které taktéž můžeme vidět na studované lokalitě. Rozděluje tak CHKO Křivoklátsko na přibližně dvě stejné poloviny. Severní, severovýchodní a jižní část oblasti zahrnují proterozoické břidlice kralupsko-zbraslavské skupiny s inkrustacemi slabě

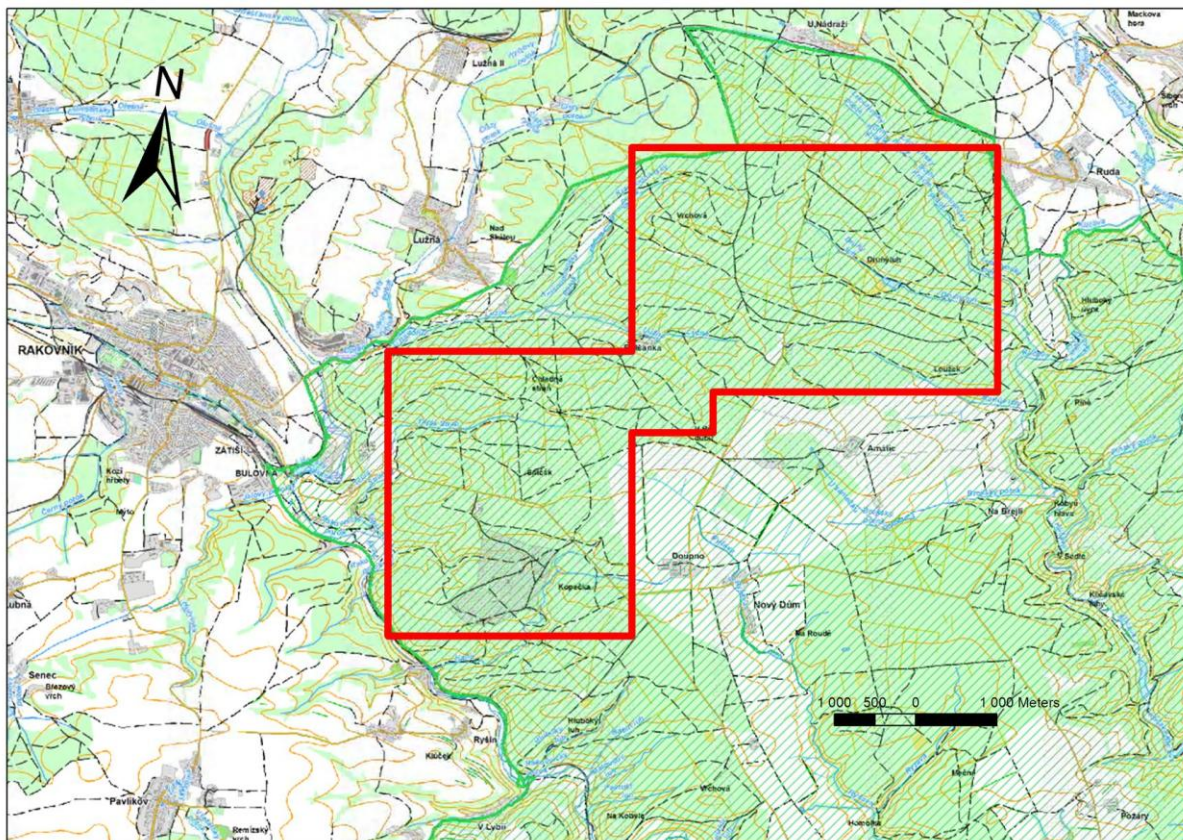
přeměněného čediče. Okrajové části pak v menší míře tvoří paleozoické pískovce a slepence, popřípadě mezozoické pískovce, slepence nebo slínovce. V úklonu jihozápad-severovýchod se při pravém břehu řeky Berounky táhne pruh paleozoického pásma vulkanitů, převážně svrchně kambrijského stáří. Tento předěl nazýváme křivoklátsko-rokycanský komplex (Chlupáč, 1999).

Půdy vzniklé na geologickém podkladu studované lokality patří do skupiny hnědozemí. Jedná se o půdy mezotrofní nebo oligotrofní s mělce vyvinutým A-horizontem. Na ten jsou zde vázány výměnné báze. B-horizont je zde velice minerálně chudý. Půdy vyvinuté zvláště na proterozoických břidlicích jsou špatně provzdušněné a uléhavé. Kořenový systém je v takové půdě mělký a působí vývraty i u buků (Kolbek et al., 1997).

Křivoklátsko, zvláště v severních oblastech, kde leží studovaná lokalita, můžeme z pohledu klimatu zařadit do mírně teplé a mírně suché oblasti. Jedná se o okrsek M 11 (Quitt, 1971; Kolbek et al., 1997). Na většině území jsou průměrné teploty mezi 7 a 8 °C, v nejvyšších polohách však zpravidla nepřekračují 7 °C. Zimy jsou zde mírné a suché, stejně tak léta. Ani přechodná období zde nejsou nikterak výrazná, ba naopak spíše krátká. Co se týče srážek, pohybují se okolo 500 až 550 mm v nižších polohách a okolo 600 mm v polohách vyšších. Důležitým jevem je již zmiňovaný inverzní charakter kotlin. Zvláště na severu území Křivoklátska je patrný inverzní charakter kotlin i v mělkých zářezích krajiny. Jedná se zde o kotliny mrazové, které brání úspěšnému zmlazení buku. Jako nevhlčí se profiluje západní část oblasti s klesajícím trendem k východu. Stejně tomu je u převládajícího směru větrů ze západní strany (Kolbek et al., 1997).

Fytogeograficky náleží severní část CHKO Křivoklátsko do okresu Jesenicko-rakovnické plošiny, podokresu Rakovnické kotliny. Ostatní části jsou pak řazeny do okresu Křivoklátska. V nižších polohách severní oblasti je přirozenou vegetačně-dominantní a zároveň lesní jednotkou *Carpinion*, tvořící převážně klimaxové dubohabřiny. Další dominantní jednotkou a to vyšších a severněji položených poloh je svaz *Fagion*, který je na kyselejším substrátu vystřídán svazem *Luzulo-Fagion*. Na podmáčených stanovištích se nám pak zde zachoval svaz *Alno-Ulunion* a na svahových sutích *Tilio-acerion*. Naopak suchá stanoviště jsou charakteristická pro teplomilné doubravy a acidofilní doubravy svazu *Quercion pubescenti-petrae*, respektive *Genisto germanicae-Quercion*. Z výčtu těchto svazů je pak patrný uniformní charakter a nízká druhová bohatost této části CHKO Křivoklátsko (Kolbek et al., 2003).

V práci se tedy věnuji katastrálním územím obcí Lužná u Rakovníka, Ruda u Nového Strašecí, Chlum u Rakovníka a Nový Dům. Jak již bylo řečeno, jedná se o severní okraj této Chráněné krajinné oblasti o rozloze zhruba 24,5 km² (viz Obrázek 1).



Obrázek 1: Vymezení studované lokality (červená linka) uvnitř hranice CHKO Křivoklátsko (zelená linka se zeleným šrafováním)

4.2 Zájmové biotopy

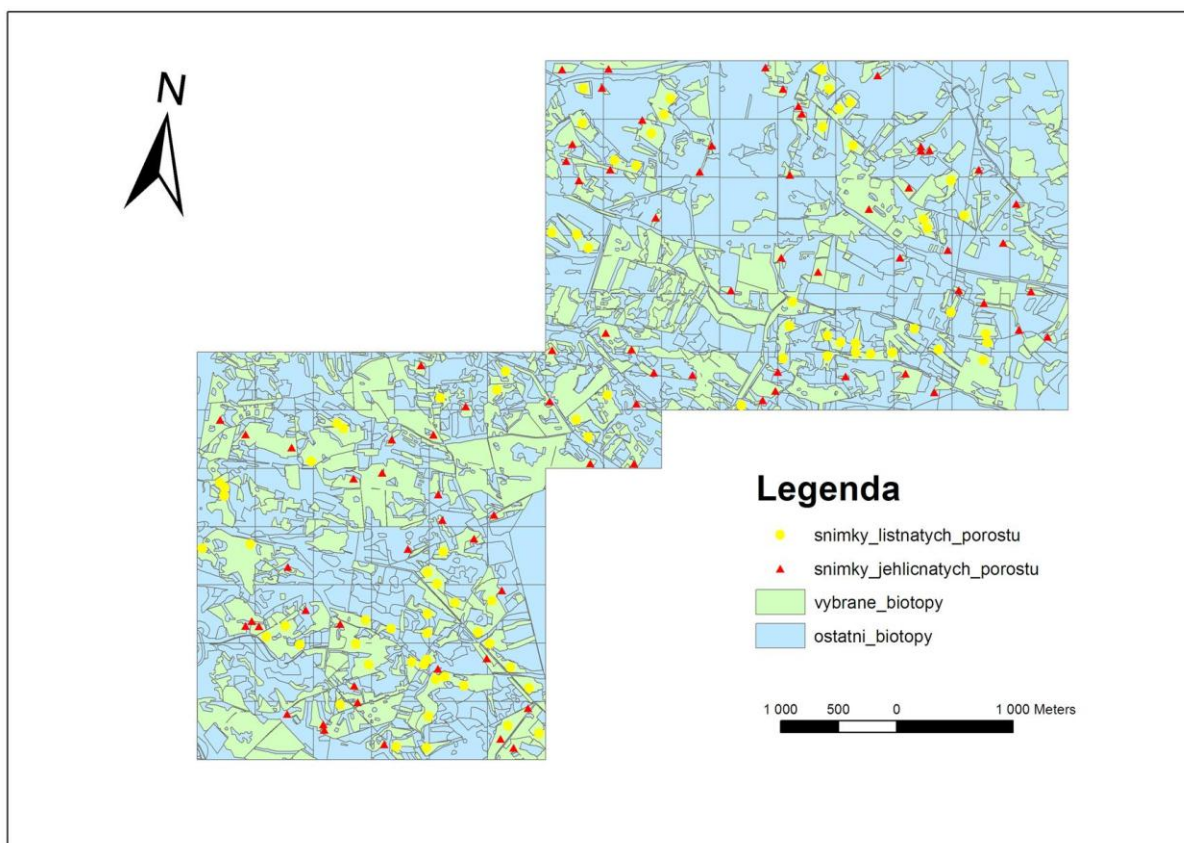
4.2.1 Vygenerování bodů na zájmových biotopech

Lokalitu CHKO Křivoklátsko jsem vybral na základě leteckých snímků. Ty odhalily dostatek listnatých a zároveň jehličnatých monokultur v relativní blízkosti v její severní části. Jejich blízkost a rozloha odpovídala cílům diplomové práce. Následná terénní pozorování vhodnost lokality jen potvrdila.

Na základě této zkušenosti jsem v programu ArcGIS 9.2 (ESRI Inc., Redlands, USA) provedl náhodně-stratifikovaný výběr ploch. Lesy jsem rozdělil na dvě skupiny porostů dle

biotopového mapování NATURA 2000. Jednou byly porosty jehličnatých monokultur (X9A) a druhou byly porosty se zalesněním listnatých stromů. Plochy určené jako ostatní (-1) nebyly uvažovány. Jednalo se například o pole a lesní cesty. Na základě těchto vrstev jsem vybral polygony s lesním porostem, který byl zalesněn dominantou z více jak 90% plochy polygonu. To arbitrárně odpovídalo zacílené skupině monokulturních porostů. Druhým kritériem výběru bylo stáří porostu. Opět byly arbitrárně vybrány polygony se stářím dominanty vyšším než 60 let, které dle porostních map (http://geoportal2.uhul.cz/wms_oprl?SERVICE=WMS) zahrnovaly lesy do 170 let. Věkové omezení je z důvodu vyloučení porostů s neprostupným porostem a bez bylinné vegetace. Okolo ploch s jedním nebo druhým typem (listnaté nebo jehličnaté) dominanty jsem vytvořil bufferové zóny. Zóny o šíři (v tomto případě arbitrárně rozhodnuto) 40 m jsou důležité z hlediska zajištění odstupu od ostatních ploch nevhodných pro účely této diplomové práce. Celou oblast jsem překryl pomocnou sítí čtverců o hraně délky 500 m. Ta měla zajistit rovnoměrné rozložení snímků dané lokality. V každém čtverci, pokud to bylo možné, jsem v programu vygeneroval maximálně tři body v listnatých lesních biotopech. Celkově jsem vygeneroval 82 bodů na 88 polygonech ploch k tomu určených. Některé čtverce tak obsahovaly více vhodných polygonů pro vygenerování bodů, než bylo žádoucí. Důvodem pro nevyužití všech polygonů bylo zachování „přiměřené“ hustoty bodů ve vybrané lokalitě a vyhnutí se případnému „over sampling“. Na polygonech s jehličnatou monokulturou jsem pak náhodně vybral stejné množství bodů. Vzdálenost vygenerovaných bodů s jehličnatým a listnatým porostem monokultury však nepřekročila 541 m. Jedná se o vzdálenost nejvzdálenějších sousedních bodů s listnatou monokulturou. K vymezení této vzdálenosti jsem opět použil funkce buffer uvnitř porostů s listnatou monokulturou.

Na ploše vybraných biotopů jsem tak vygeneroval 164 bodů (82 listnatých a 82 jehličnatých porostů monokultury) - viz Obrázek 2. Ty jsem zanesl do mapy pomocí GPS souřadnic.



Obrázek 2: Vybraná lokalita se zaměřenými body na pozadí zájmových biotopů

4.3 Zachycení proměnných v prostředí

4.3.1 Pořízení fytocenologických snímků

Na místě vygenerovaných bodů jsem pořídil fytocenologický snímek. Ten byl „*in situ*“ zaměřen jihozápadním rohem snímku, popřípadě rohem následujícím proti směru hodinových ručiček, přístrojem *Garmin 60CSx*. Pokud přesto nešlo vygenerovaný bod zaměřit, popřípadě nebylo možné fytocenologický snímek pořídít, přistoupil jsem k vyřazení takového snímku.

V opačném případě jsem vytyčil čtvercovou plochu snímku o rozměrech 10 x 10 metrů. V tomto prostoru jsem provedl zápis o druhové skladbě a pokryvnosti vegetace. Na ploše fytocenologického snímku jsem většinou zaznamenal čtyři patra vegetace. Za stromové patro jsem považoval takové, které přesahovalo výšku 5 m (značeno E3). Keřové patro jsem

zaznamenal s výškou vegetace 1,5 až 5 m (E2). Bylinné patro jsem pak zaznamenal s výškou do 1,5 m (E1) a poslední mechové při podkladu substrátu (E0).

K zhodnocení pokryvnosti druhů jednotlivých pater jsem použil upravenou Braun-Blanquet stupnici (Reichelt & Wilmanns, 1973). Rostliny jsem určoval za pomoci Klíče ke květeně ČR (Kubát, 2002). Na plochách snímků jsem zaznamenal hloubku svrchní vrstvy půdy, tedy půdního „A“ horizontu a vrstvy opadu. Na stanovišti snímků jsem dále pomocí buzoly zaměřil orientaci a odhadl sklon svahu. Nakonec jsem změřil obvody všech stromů, které na vytyčené ploše rostly nebo alespoň svými větvemi vytyčený snímek překrývaly. Obvod jsem měřil v přibližné výšce 130 cm, tedy v prsní výšce dospělého člověka.

Sběr dat probíhal ve dvou následujících sezónách po sobě. První data jsou z období 29.7.2010 až 20.8.2010. Druhá data pak z období 4.7.2011 až 27.7.2011. Snahou bylo sesbírat datový soubor v co nejkratší době a také ve stejném období s přihlédnutím k vývoji vegetace.

4.3.2 Pořízení fotografií a dalších dat

K fytocenologickému snímku jsem pořídil hemisférickou fotografii oblohy, a to fotoaparátem Canon PowerShot A85 s „rybím okem“, vprostřed vytyčené plochy. Fotografii jsem pořídil ze stativu ve výšce bylinné vegetace. Fotoaparát vždy směřoval kolmo vzhůru k obloze, spodní hranou otočenou směrem k severu. Vše za pomoci vodováhy, umístěné na stativu, a buzoly. Manuálním nastavením fotoaparátu jsem snížil expozici na úroveň -1 EV. Fotografie tak mohla zachytit aktuální viditelnost oblohy a prostupnost světla na stanovišti. Soubor jsem dále uložil ve formátu *jpg* o rozměrech 3264 x 2448 pixelů.

Do pozdějších analýz jsem zahrnul data, která vylo nutně předem spočítat. Jednalo se například o potenciální přímě ozáření (PDSI). Tuto hodnotu jsem spočítal na základě třech členů rovnice (McCune & Keon, 2002). Jednalo se o sklon svahu, orientaci svahu a zeměpisnou šířku.

Pro výpočet (topografického) vlhkostního indexu (WT/WTI, Beven & Kirby, 1979) jsem použil program SAGA GIS (<http://www.saga-gis.uni-goettingen.de>). Ten na základě specifické hodnoty povodí a sklonu svahu spočítal hodnotu pro každý zaměřený snímek.

$WI = \ln(A/\tan \beta)$, kde A je specifické povodí a β je sklon svahu

Informace o geologii podloží jsem získal přepisem z Geologické a přírodovědné mapy Křivoklátska (Mašek et al. 1997).

Do analýz jsem zahrnul i informace o potenciální přirozené vegetaci stanoviště, získanou z mapových podkladů Potenciální přirozené vegetace biosférické rezervace Křivoklátsko (Kolbek et al., 1997) a dále pak jsem vygeneroval Ellenbergovy hodnoty v programu *Juice 7.0* (Tichý, 2002).

4.4 Úprava dat

4.4.1 Úprava druhů

K úpravě a revizi dat o druzích jsem použil program *Juice 7.0* (Tichý, 2002). V tomto programu jsem pro účely dalších analýz vyloučil juvenilní semenáčky dřevin v bylinném a keřovém patře a opravil chyby v zápisu dat vzniklé přepisem. Zde jsem také vypočítal hodnoty fidelity pro jednotlivé druhy podrostu k typu dominanty. Jednou skupinou byly snímky s jehličnatou dominantou a druhou skupinou byly snímky s listnatou dominantou. Fidelitu (afinitu druhů) k typu dominanty jsem měřil pomocí phi koeficientu za pravděpodobnosti $P < 0.01$. Následně byla data reexportována zpět do databázového programu, popřípadě došlo k přenosu dat do dalších analytických programů.

4.4.2 Úprava snímků

Do následných analýz v programu CANOCO (ter Braak & Šmilauer, 1998) jsem zahrnul pouze snímky, které měly v podrostu alespoň jeden druh. Ostatní snímky jsem vyloučil. Jednalo se o vyloučené snímky s pořadovým číslem: 2, 58, 62, 73, 108, 109, 111. Program CANOCO, který jsem měl k dispozici, neumí s prázdnými snímky pracovat. Nakonec jsem připojil dva snímky s dřevinou *Quercus robur* (dub letní) ke snímkům s dominantou dřevině *Quercus petraea* (dub zimní) a propojil snímky s četností 5 a méně do skupin ostatních jehličnatých (Ostjehl) a

listnatých (Ostlist). Jednalo se o snímky s dominantami *Larix decidua* a *Pinus sylvestris* do skupiny ostatní jehličnaté (Ostjehl) a *Acer pseudoplatanus*, *Betula pendula*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior* do skupiny ostatní listnaté (Ostlist).

Dále jsem zastoupené skupiny geologického podloží sloučil do čtyř skupin. První skupinou byly droby, druhou skupinou arkózové pískovce a slepence (skupina 18), třetí skupinou hlinité uloženiny a čtvrtou skupinou byly šterky. Do skupiny droby jsem tak zahrnul droby (skupina 41) a předčtvrtohorní zvětraliny na starohorních horninách (skupina 48). Do skupiny hlinité uloženiny jsem zahrnul splachové a svahové hlinité uloženiny (skupina 3 a 5). Do skupiny šterky jsem pak zahrnul potoční písčitohlinité uloženiny (skupina 4) a říční písčité šterky (skupina 13).

Informace o potenciální přirozené vegetaci na studovaných lokalitách jsem rozdělil do třech skupin. První skupinou jsou luhy. Tato skupina zahrnuje mapovací jednotky *Molinio arundinaceae-Quercetum* (MQ), *Stellario-Alnetum glutinosae* (SA), *Equiseto-Albietetum* (EA), *Carici remotae-Fraxinetum* (CrF) a *Carici acutiformis-Alnetum* (CaA). Druhou skupinou je *Luzulo-Fagetum* (LF), do kterého jsem zahrnul i jednotku *Luzulo albite-Quercetum* (LzQ) a *Melampyro nemorosi-Carpinetum typicum* (MCt). Poslední skupinu tvoří *Tilio cordatae-Fagetum* (TF). Skupinu *Melampyro nemorosi-Carpinetum abietetosum* (MCa) jsem pro nestatečný počet (5-ti) zastoupených snímků vyloučil.

Snímky, kde chyběly informace o Ellenbergových hodnotách, jsem také pro následné statistické analýzy vyloučil. Jednalo se o snímky s pořadovým číslem 2, 5, 7, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 30, 33, 36, 39, 42, 43, 44, 48, 49, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 62, 71, 72, 73, 74, 75, 80, 81, 87, 90, 91, 106, 108, 109, 111, 112, 115, 116.

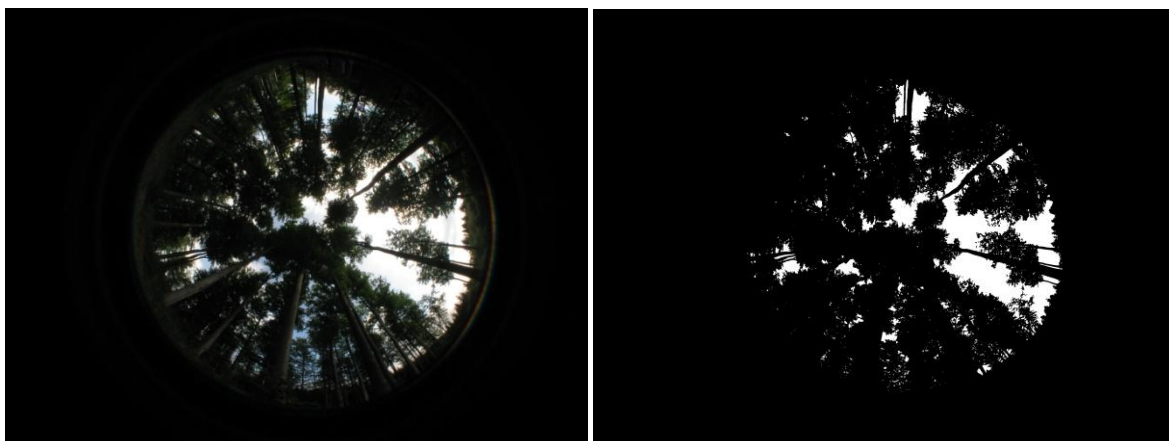
4.4.3 Úprava hemisférických fotografií

Fotografie (viz Obr. 3a) jsem nejprve upravil v programu SideLook 1.1.01 (Nobis, 2005). Zde jsem stanovil prahové hodnoty pro převod do formátu *bmp*. K určení této hodnoty jsem došel na základě vyhodnocení každého snímku zvlášť, a to s ohledem na individuální podmínky prostředí každého snímku (Inoue, Yamamoto, & Mizoue, 2011). Pro co možná nejvěrohodnější určení prahové hodnoty jsem fotografie hodnotil skrze modrý světelný kanál (Nobis & Hunziger,

2005). Pomocí funkce „Threshold“ jsem změnil fotografii na černo-bílý obrázek (viz Obr. 3b). Pokud došlo na fotografii k výskytu odrazových ploch, přijal jsem snímek oblohy v rámci statistické chyby bez změny.

4.4.4 Kvantifikace světla v podrostu

Analýzu dopadajícího světla jsem provedl v programu *Gap Light Analyzer 2.0* (Frazer, Canham, & Lertzman, 1999). Program po zadání přibližné nadmořské výšky a souřadnic systému GPS vyhodnotil světelné podmínky stanoviště analyzované hemisférické fotografie. Pro účely diplomové práce jsem použil hodnoty otevřenosti korunového zápoje (Percn_can), dopadu přímého (Trans_dir), prostupného (Trans_dif) a celkového (Trans_tot) světla na vegetaci a úrovni jednotky vodorovné plochy.



Obrázek 3: a) fotografie oblohy na stanovišti; b) upravená fotografie oblohy na stanovišti

4.5 Zápis a analýza dat

4.5.1 Turboweg for Windows

Data o vegetaci jsem uložil v programu Turboweg for Windows 2.89 (Hennekens & Schaminée, 2001). Program slouží k uchování a přehlednému zápisu pro další analýzy.

4.5.2 CANOCO

Programem pro zpracování mnohorozměrných dat CANOCO (ter Braak & Šmilauer, 2002), jsem vytvořil několik kanonických korespondenčních analýz (CCA). Vhodnost použití této metody je však závislá na délce gradientu u detrendované korespondenční analýzy (DCA). Její použití je podmíněné délkou gradientu první kanonické osy. Pro tuto analýzu se zpravidla používá při hodnotě vyšší než 4 (Palmer, 1993).

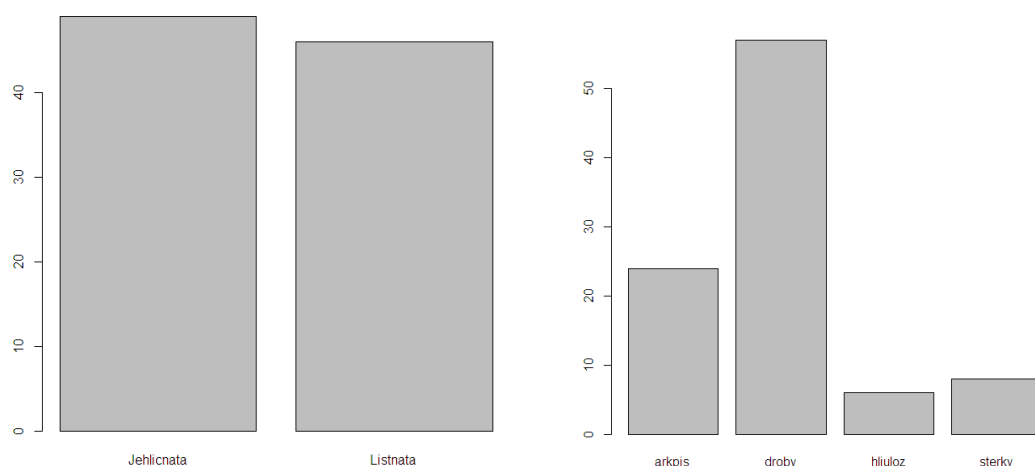
Soubor vysvětlujících proměnných prostředí jsem rozdělil do třech skupin. První skupinu jsem pojmenoval „Dominanta“. Tvořily jí proměnné prostředí jako: druh dominanty, stáří porostu, obvod stromů a jeho odchylka, data o světle a otevřenosti korunového zápoje, svrchní půdní horizont a opad. V analýze byly zahrnuty veškeré kovariáty z datového souboru, mimo proměnných zahrnutých do analyzované skupiny Dominanta. Druhou skupinu jsem pojmenoval „Geologie a geografie“ (Geo), kde proměnnými prostředí jsou: geologické podloží, sklon svahu, vlhkostní index WTI a potenciální průměrné ozáření (PDSI). Třetí skupinu jsem pojmenoval „Potenciální vegetace“ (Potveg) a proměnnou prostředí zde byla potenciální přirozená vegetace lokality. Analyzoval jsem jak každou skupinu zvlášť, tak všechny dohromady. Nejprve jsem však analýzy zhodnotil za pomoci „manual forward selection“ a vybral tak jen prokazatelně ovlivňující lineární proměnné prostředí. U kategoriálních proměnných jsem celou skupinu zařadil do dalších analýz, pokud alespoň jedna proměnná ze skupiny prokazatelně ovlivňovala druhové složení snímků. Hodnota pravděpodobnosti (P-value) musela být v takovém případě nižší než 0.05. Permutační test Monte Carlo byl založen na 499 opakováních.

Následující kanonické korespondenční analýzy (CCA) a projekci grafů jsem provedl bez neprůkazných proměnných prostředí. Všechny analýzy jsem postavil na vnitrodruhové

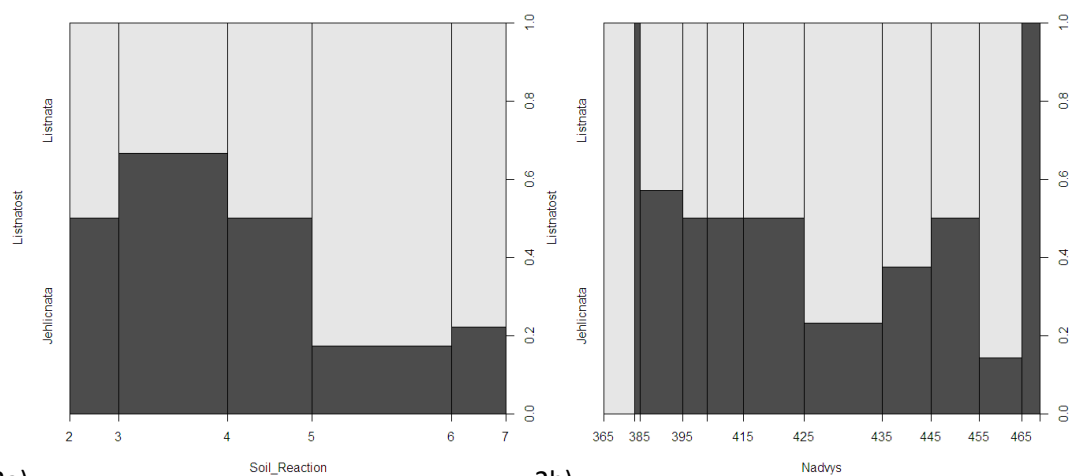
vzdálenosti měřené pomocí takzvané „biplot scaling“. V analýzách jsem snížil váhu vzácným druhům. Při analýzách jednotlivých skupin jsem zrovna neměřené proměnné prostředí použil jako kovariáty. Jak už bylo řečeno, pro účely analýzy jsem vyloučil snímky, které neměly v bylinném patře ani jeden druh.

4.5.3 R-project

Program, který jsem použil pro statistické zpracování dat, bylo R 2.10.1 (www.r-project.org). Pro analýzu dat jsem užil zobecněného lineárního modelu (GLM) s quasi-Poisson odchylkou a následnou analýzou kovariát (ANCOVA). Analyzoval jsem veškeré získané informace o prostředí a porovnal je s druhovou bohatostí stanoviště. Proměnné prostředí, které v analýzách nevyšli pravděpodobně ($Pr > 0.05$), jsem vyloučil. Na základě výsledků analýz jsem sestavil grafy. Počty snímků v analýzách druhové bohatosti jsou znázorněny grafy 1a, 1b. Zastoupení jednotlivých skupin v analýzách Ellenbergových hodnot v grafech 2a, 2b, 2c, 2d, 2e.

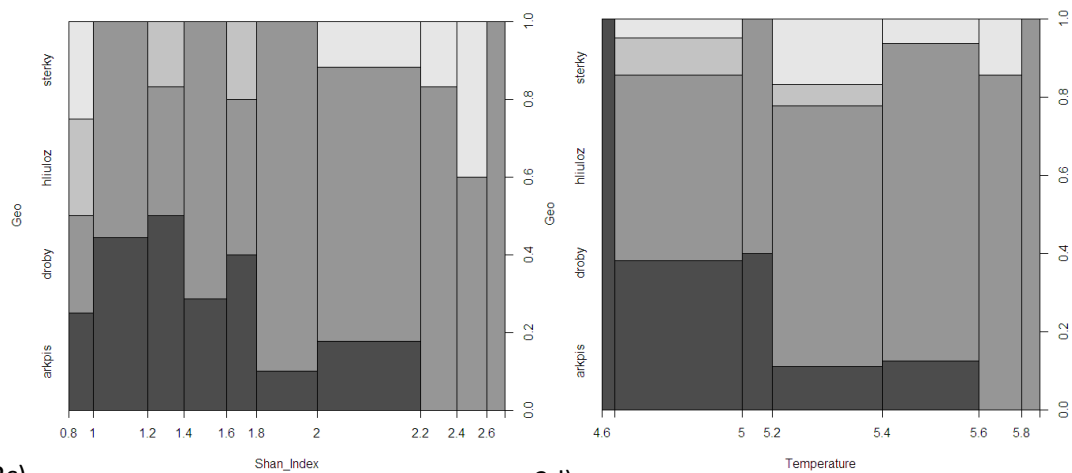


Graf 1: Počty snímků dle jehličnaté a listnaté dominanty (4a) / geologického podloží (4b)



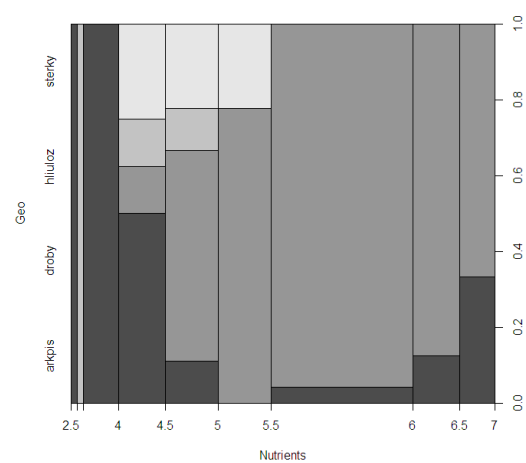
2a)

2b)



2c)

2d)



2e)

Graf 2: Počty snímků dle analyzovaných skupin (2a-Soil_Reaction ~ Listnatost, 2b-Nadvys ~ Listnatost, 2c-Shan_Index ~ Geo, 2d-Nutrients ~ Geo, 2e-Temperature ~ Geo)

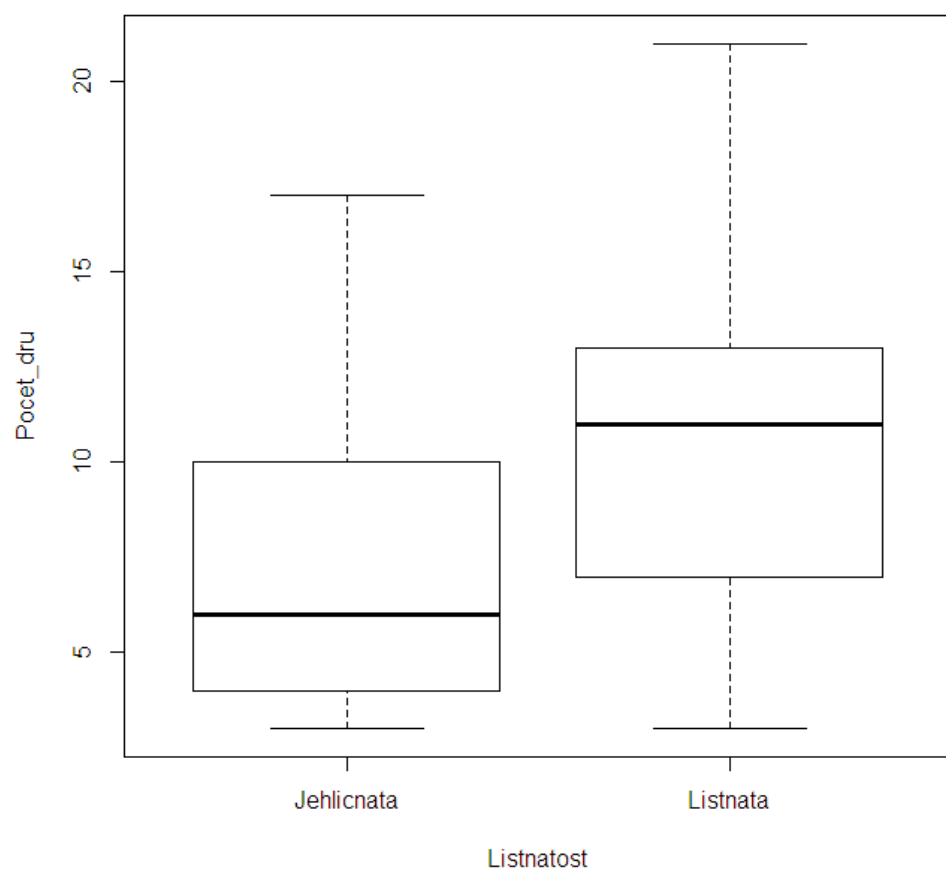
5 Výsledky

5.1 Vliv dominanty na bylinné patro lesa

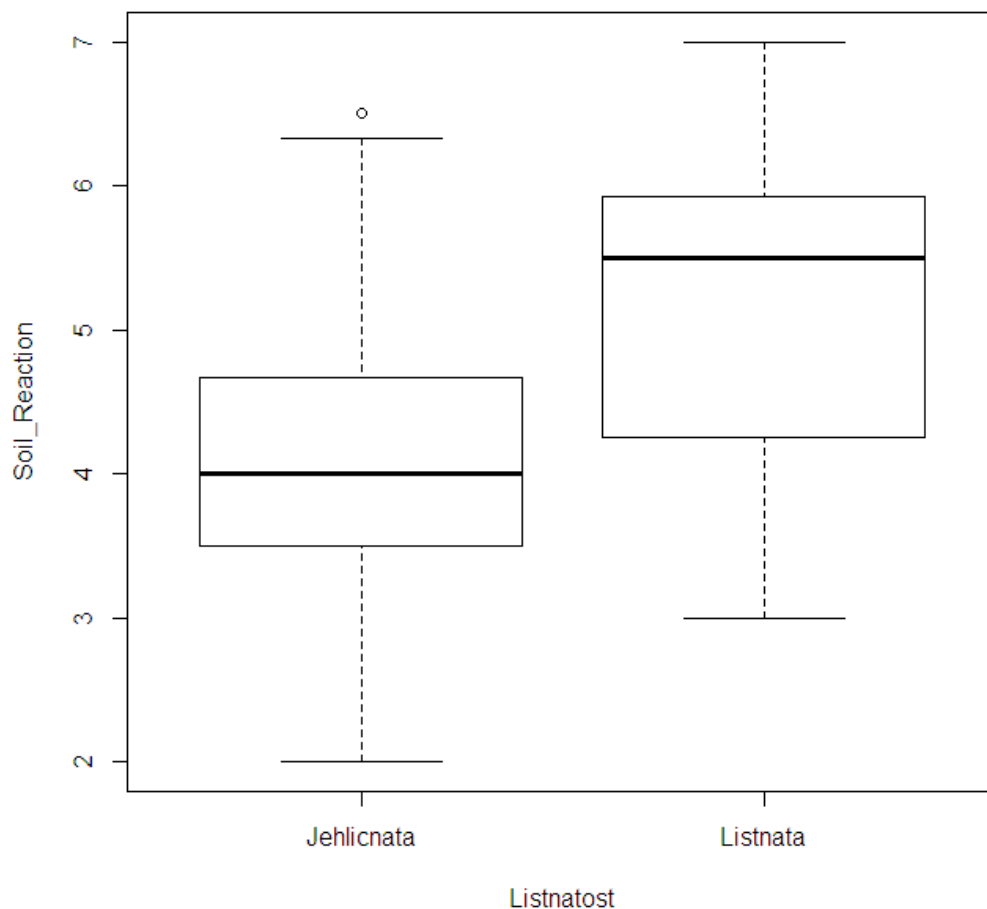
Z analýzy zobecněného lineárního modelu (GLM) s quasi-Poisson odchylkou a následnou analýzou ANCOVA jsem prokazatelně zjistil závislost druhové bohatosti podrostu na typu dominanty (F value = 38.797, při $Pr < 0.01$ (***)). Při této analýze jsem postupným výběrem vyřadil proměnné, které nebyly prokazatelné ($Pr > 0.05$). Jedinými zahrnutými kovariátami pak byly typ geologického podloží a nadmořská výška ($Pocet_dru \sim Listnatost + Geo + Nadvys$). Medián počtu druhů u jehličnaté monokultury byl na 6-ti druzích a u listnaté monokultury byl na 11-ti druzích na plochu vegetačního snímku (Graf 3).

Stejný test zobecněného lineárního modelu (GLM) s quasi-Poisson odchylkou a následnou analýzou ANCOVA jsem provedl pro zjištění Ellenbergovy hodnoty. Na typ dominanty byly prokazatelně (F value = 12.06, při $Pr < 0.001$ (***)) závislé pouze hodnoty půdní reakce (Soil_Reaction). Jehličnaté monokultury měly hodnotu mediánu udávané půdní reakce 4 a listnaté 5,5 (Graf 4).

S daty jsem provedl také analýzy lineárního modelu (GLM) s binárním rozdělením, kde jsem porovnával vliv geologických a geografických proměnných prostředí na dominantu. Snahou bylo zjistit, zda není dominanta vysazována na základě nějaké úvahy. Tento trend se nedokázal potvrdit ($Pr > 0.05$).

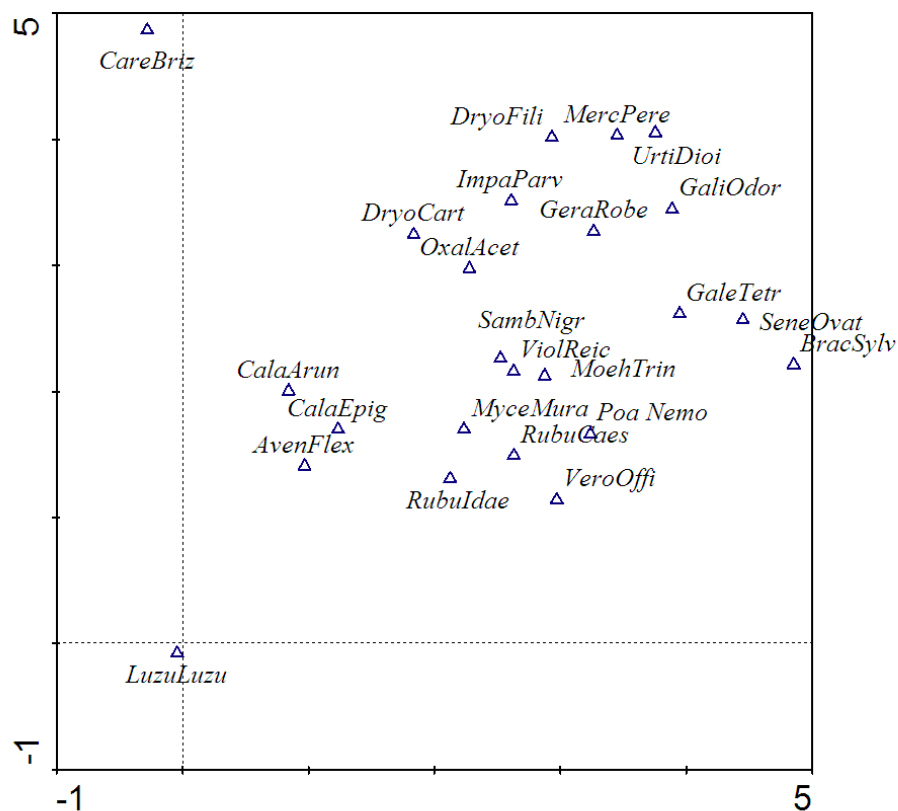


Graf 3: Závislost počtu druhů (Pocet_dru) v podrostu na typu dřeviny (Jehličnatá/Listnatá)



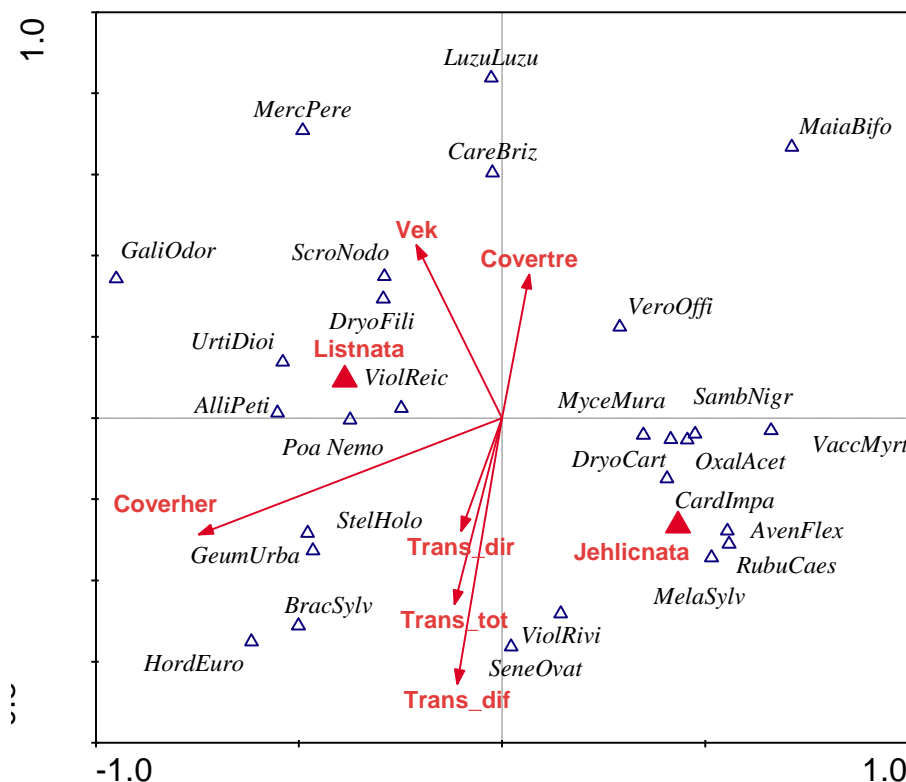
Graf 4: Závislost Ellenbergových hodnot pro půdní reakci (Soil_Reaction) na typu dřeviny (Jehličnatá/Listnatá)

Dále jsem provedl analýzu dat pomocí takzvané nepřímé ordinace. Jednalo se o detrendovanou korespondenční analýzu (DCA) s Hillovým škálováním os (Graf 5). Hodnota délky gradientu první osy byla 4.471. S vědomím toho, že nasbírané vysvětlující proměnné nemusí být shodné s proměnnými, které analýza hodnotila, jsem provedl přímé korespondenční analýzy mnohorozměrných dat. Sesbíraná data jsem dále analyzoval pomocí (přímé) kanonické korespondenční analýzy (CCA). Na základě mého úsudku jsem data rozdělil do tří skupin.



Graf 5: Detrendovaná korespondenční analýza (DCA) s Hillovým škálováním os

První skupina hodnotila vliv dominanty na charakter podrostu lesa. Na grafu 6 je vidět blízkost optim druhů jako: *Avenella flexuosa*, *Cardamine impatienc*, *Rubus caesius* k typu jehličnaté (Jehlicnata) dominanty. Naopak druh *Urtica dioica* a *Viola raichenbachiana* má optimum svého výskytu v lesích s listnatou (Listnata) dominantou. Optima druhů jako: *Carex brizoides* a *Luzula luzuloides* můžeme hledat ve stinných lesích s vyšším věkem (Graf 4). Hodnoty vyšly: F – ratio = 1.857, P-value = 0.002.



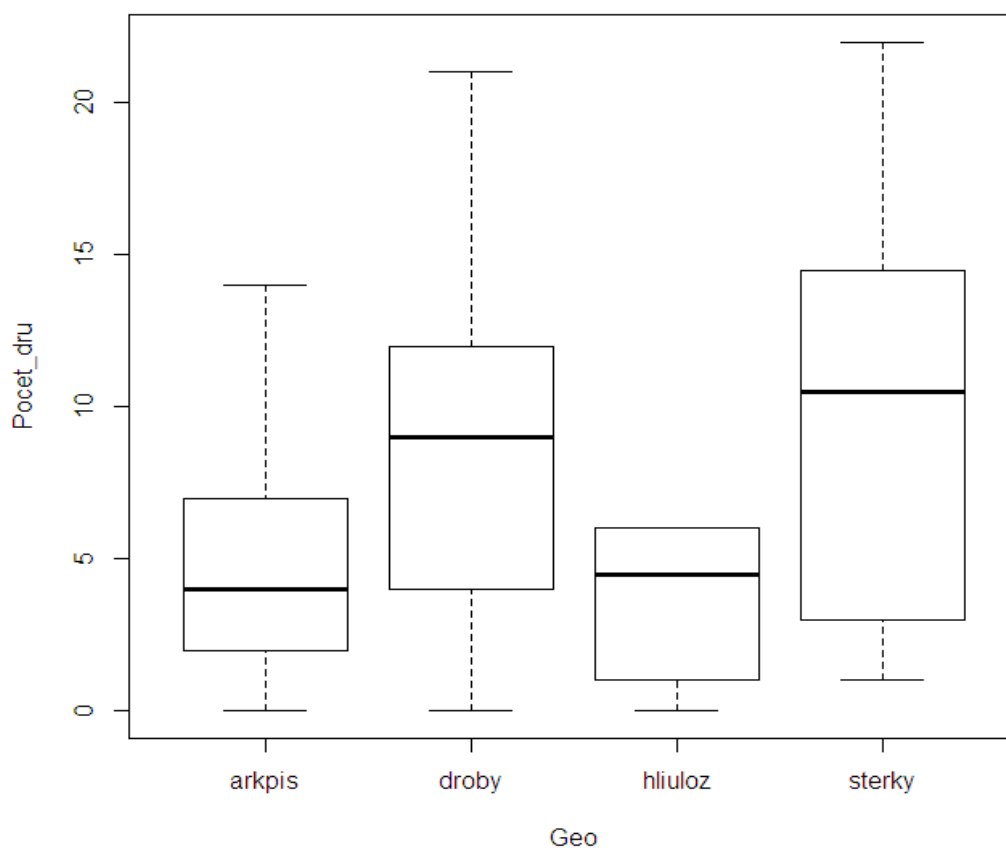
Graf 6: Kanonická korespondenční analýza (CCA) skupiny Dominanta, jako vysvětlující druhové složení podrostu

Na základě analýz v programu *Juice 7.0* jsem zjistil afinitu několika druhů k listnatým monokulturám. Jednalo se o druhy: *Poa nemoralis* ($\phi=49.0$), *Luzula luzuloides* (36.3), *Galium odoratum* (28.7), *Melica nutans* (28.7), *Dryopteris filix-mas* (28.2), *Viola reichenbachiana* (27.9), *Impatiens parviflora* (25.8) a *Brachypodium sylvaticum* (24.9). U jehličnatých monokultur jsem žádnou afinitu druhů k jehličnaté monokultuře nezjistil.

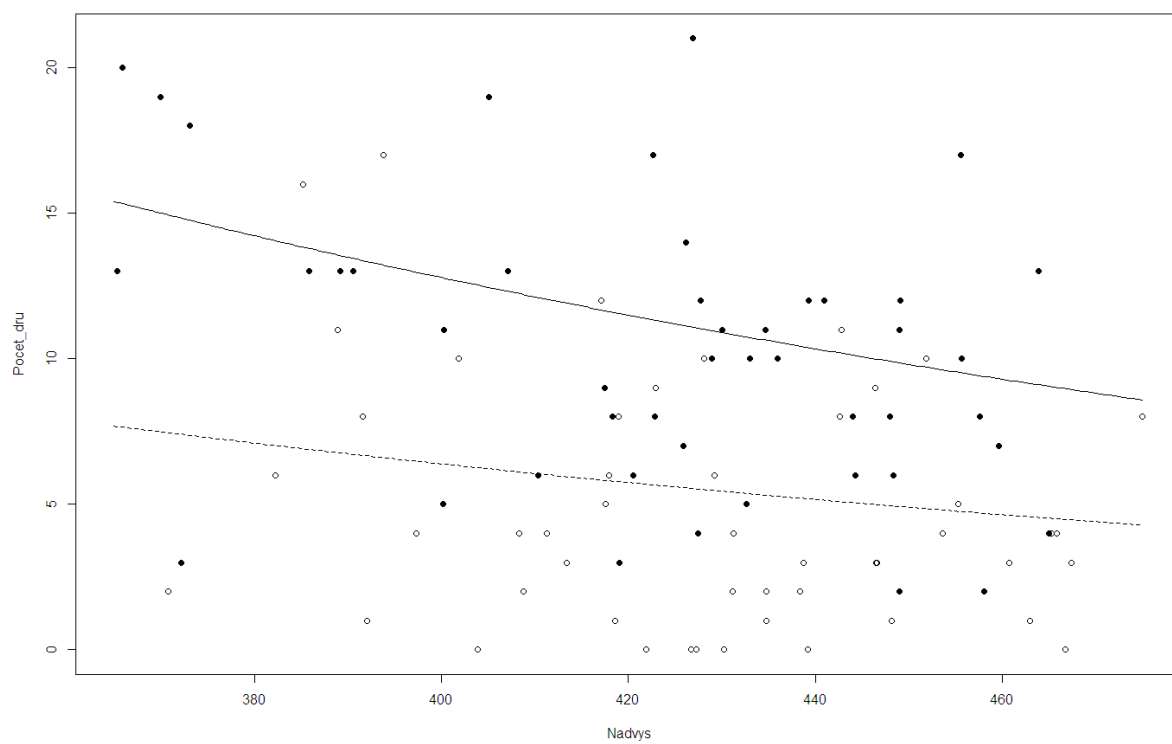
5.2 Vliv geologie a geografie

V pořadí druhou proměnnou, která prokazatelně ovlivňuje počet druhů v podrostu, se ukázalo být geologické podloží (F value = 5.533, při $p < 0.01$ (**)). Nejvyšší druhová bohatost se nalézá na geologickém podkladu říčních a potočních štěrků a to s mediánem 10,5 druhů. S klesající tendencí pak u drob (9 druhů), hlinitých uloženin (4,5 druhu) a arkózových pískovců (4 druhy) -Graf 7. Třetí prokazatelnou proměnnou prostředí, která ovlivňuje druhovou bohatost, se ukázala být nadmořská výška (F value = 7.963, při $p < 0.01$ (**)) - Graf 8. Vygenerované

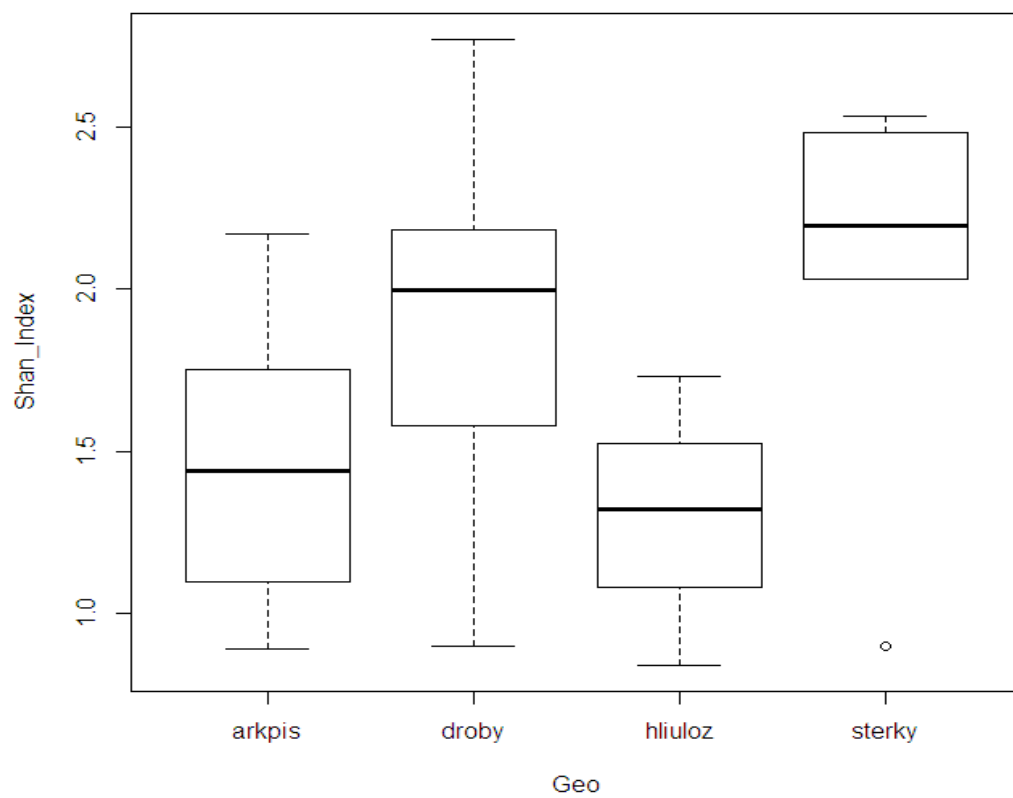
hodnoty prokázaly v mnoha případech závislost na geologických podmínkách stanoviště. Jednalo se o hodnoty Shannonova indexu druhové diverzity mezi stanovišti (Shan_Index). Hodnoty mediánu na stanovištích arkózových pískovců byly 1,44. Na stanovištích drob pak 1,995. Dále na hlinitých uloženinách 1,32 a na štercích 2,195 (Graf 9) ((F value = 5,221, při $p < 0.01$ (**)). Taktéž Ellenbergovy hodnoty dostupných živin pro rostliny prokázaly závislost na geologickém podloží ((F value = 14.67, při $p < 0.001$ (***)). Zde byly hodnoty mediánu pro arkózové pískovce 4,15; pro droby 5,73; pro hlinité uloženiny 4,25 a pro šterky 4,85 (Graf 10). V neposlední řadě i Ellenbergovy hodnoty pro teplotu rostlin na stanovišti ukázaly prokazatelnou závislost na geologickém podloží ((F value = 5.395, při $p < 0.01$ (**)). Hodnoty mediánu byly: 4 pro arkózové pískovce; 9 pro droby; 4,5 pro hlinité uloženiny a 9,5 pro šterky (Graf 11).



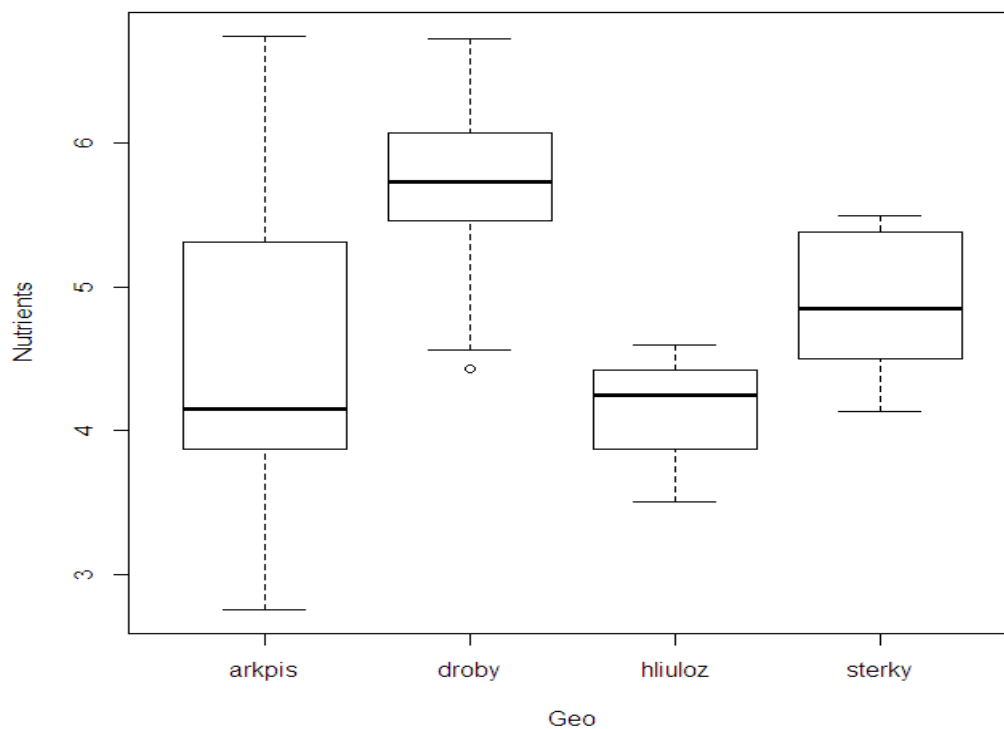
Graf 7: Závislost počtu druhů (počet_dru) podrostu na geologickém podloží (arkpis – arkózové pískovce, droby - droby, hliuloz – svahové a splachové uloženiny, sterky – potoční a říční šterko-písky)



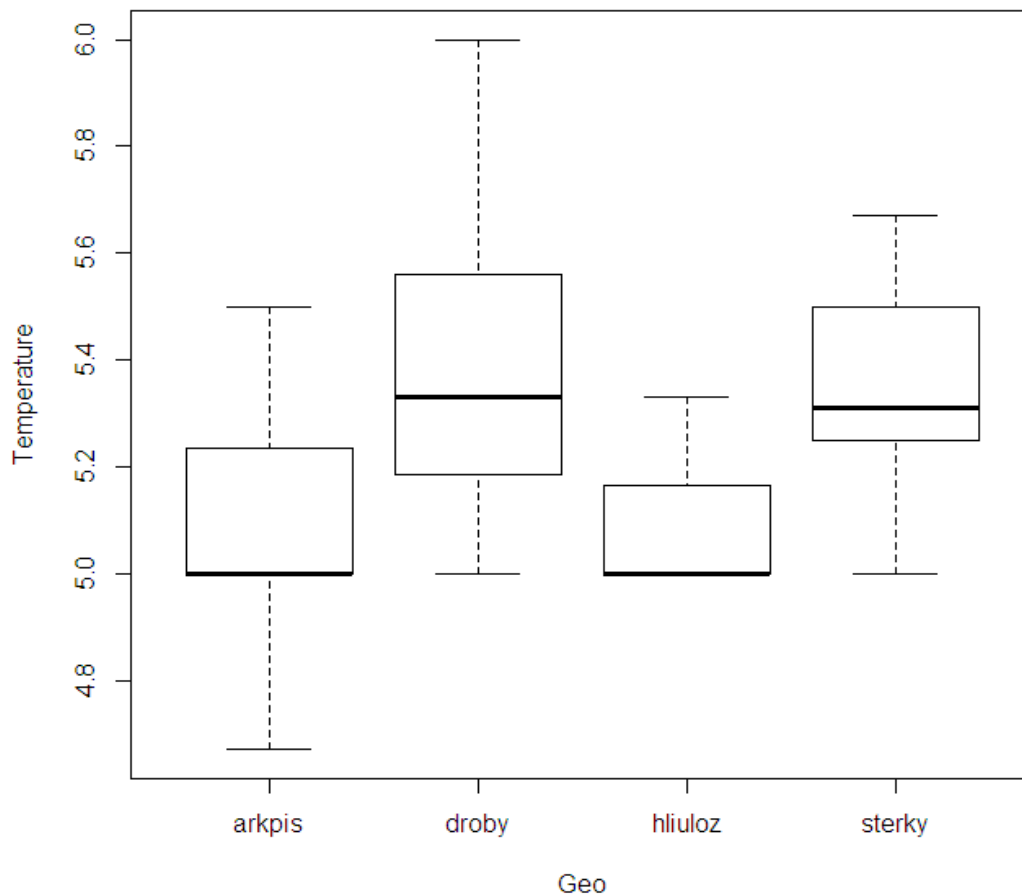
Graf 8: Závislost počtu druhů (Počet_dru) bylinného patra na nadmořské výšce – Nadvys (rozděleno dle typu dominanty)



Graf 9: Závislost Shannonova index diverzity (Shan_Index) na geologickém podloží (Geo) (arkpis – arkózové pískovce, droby - droby, hliuloz – svahové a splachové uloženiny, sterky – potoční a říční štěrko-písky)

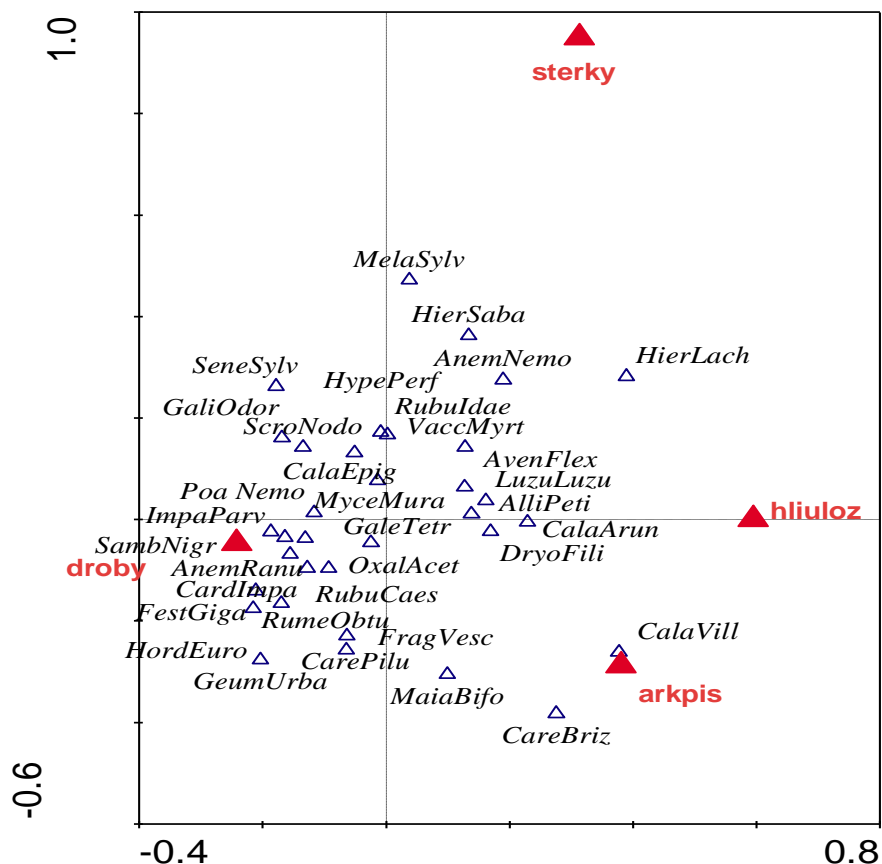


Graf 10: Závislost Ellenbergových hodnot dostupných živin pro rostliny (Nutrients) na geologickém podloží (Geo) (arkpis – arkóзовé pískovce, droby - droby, hliuloz – svahové a splachové uloženiny, sterky – potoční a říční šterko-písky)



Graf 11: Závislost Ellenbergových hodnot pro teplotu rostlin na stanovišti (Temperature) na geologickém podloží (Geo) (arkpis – arkózové pískovce, droby - droby, hliuloz – svahové a splachové uloženiny, sterky – potoční a říční šterko-písky)

Kanonická korespondenční analýza (CCA) druhé skupiny, a to geologických a geografických vysvětlujících proměnných, ukázala prokazatelnou závislost druhové skladby pouze na geologii podloží (F-ratio = 1.310, P-value = 0.0400). Druhy jako: *Calamagrostis villosa* a *Carex brizoides* mají svá optima na arkózových pískovcích. Dále druhy *Impatiens parviflora* nebo *Festuca gigantea* mají svá optima pokryvnosti na geologickém podloží drob. *Anemomone nemorosa* má své optimum na hlinitých uloženinách. Druhy *Hieracium sabaudum* a *Lachenalia* nebo *Melampyrum sylvaticum* pak nejvyšší pokryvnosti dosahují na štercích (Graf 12).

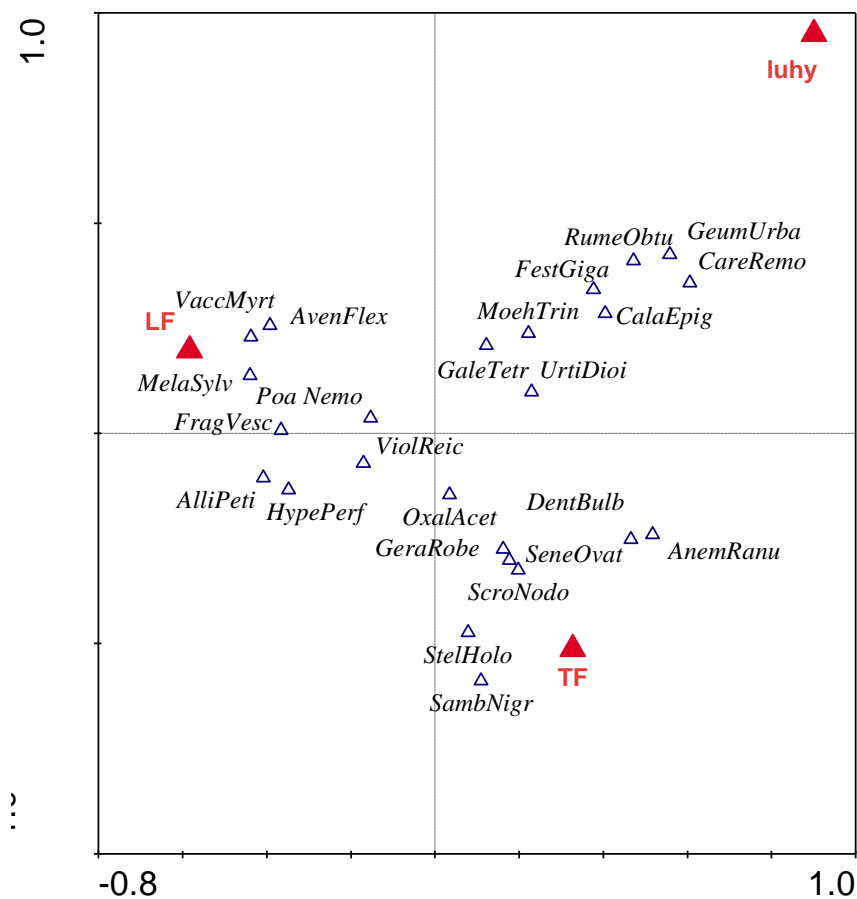


Graf 12: Kanonická korespondenční analýza (CCA) skupiny Geologických a geografických (Geo) (arkpis – arkózové pískovce, droby - droby, hliuloz – svahové a splachové uložení, sterky – potoční a říční šterko-písky), jako vysvětlujících proměnných druhového složení podrostu

5.3 Vliv potenciální přirozené vegetace

Vliv třetí skupiny proměnných prostředí, která vyšla prokazatelně ($P\text{-value} < 0.05$) pouze na druhové složení podrostu, je potenciální přirozená vegetace ($F\text{-ratio} = 1.317$, $P\text{-value} = 0.0380$). Ke svazu potenciální přirozené vegetace *Luzulo – Fagion* (acidofilní bučiny) mají blízko svá optima pokryvností druhy jako: *Fragaria vesca*, *Vaccinium myrtillus*, *Avenella flexuosa* nebo *Poa nemoralis*. K lužním lesům (luhy) se pak přimykají druhy jako: *Festuca gigantea*, *Calamagrostis*

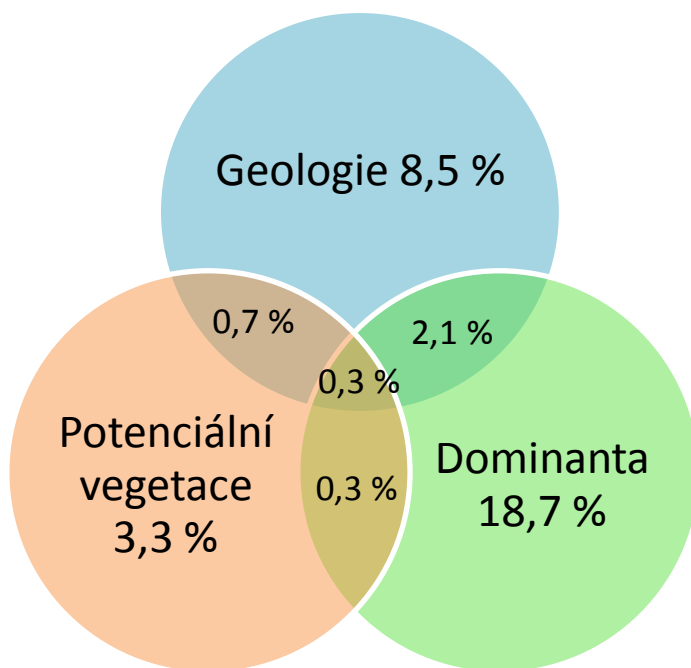
epigeos, *Carex pilulifera* nebo *Geum urbanum*. Blízko *Tilio cordatae* – *Fagetum* (lipová bučina s lípou srdčitou) mají svá optima druhy například: *Stelaria holostea*, *Scrophularia nodosa* a další (Graf 13).



Graf 13: Kanonická korespondenční analýza (CCA) skupiny Potenciální přirozené vegetace, jako vysvětlujících proměnných druhového složení podrost

5.4 Procento vysvětlené variability

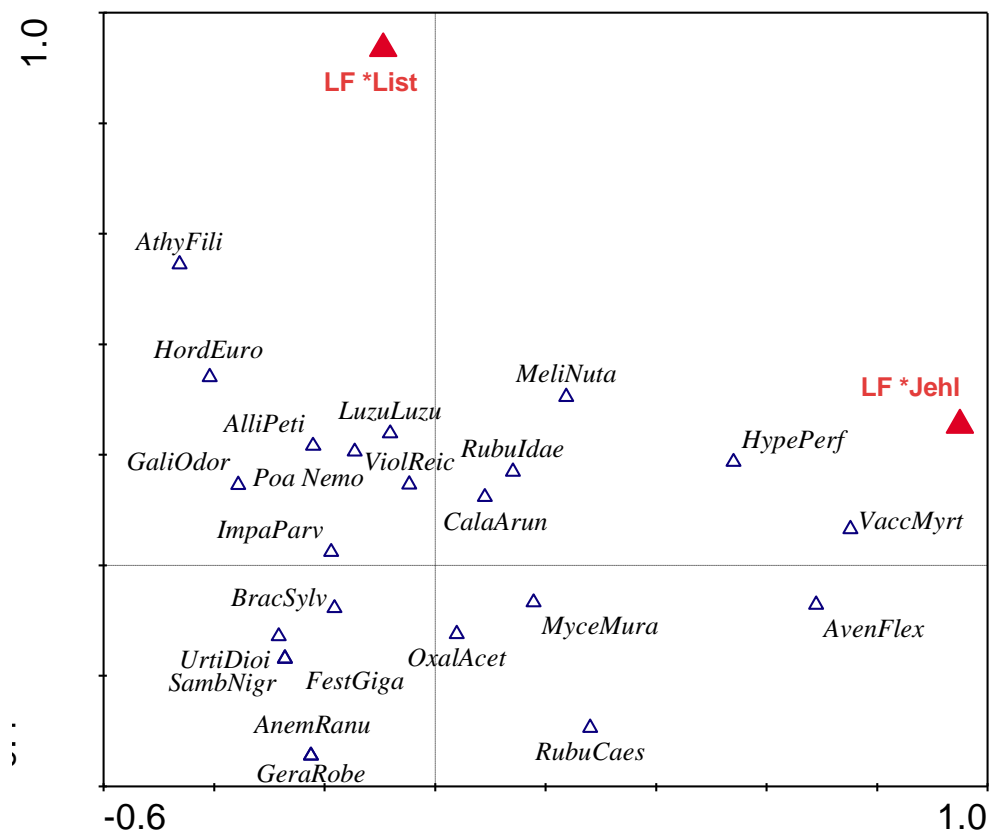
Na kruhovém diagramu jsem znázornil procento vysvětlené variability sledovaných proměnných prostředí (Graf 14). Celý soubor vysvětlujících proměnných vysvětluje 34 % z celkové variability (celková variabilita: 6,763; vysvětlená variabilita: 2,3).



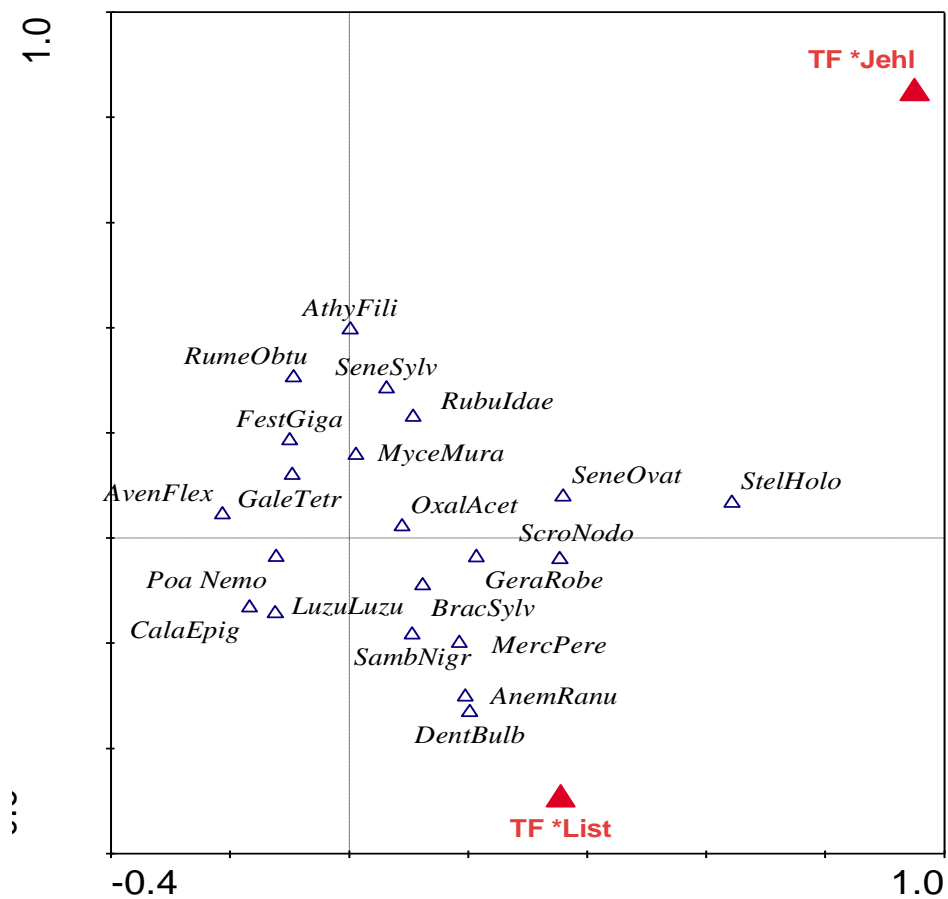
Graf 14: Kruhový diagram znázorňuje procenta vysvětlené variability jednotlivých skupin proměnných prostředí. Skupina Geologických a geografických faktorů je označena názvem Geologie. Skupina Potenciální přirozené vegetace je označena názvem Potenciální vegetace

5.5 Interakce dominanta-potenciální vegetace

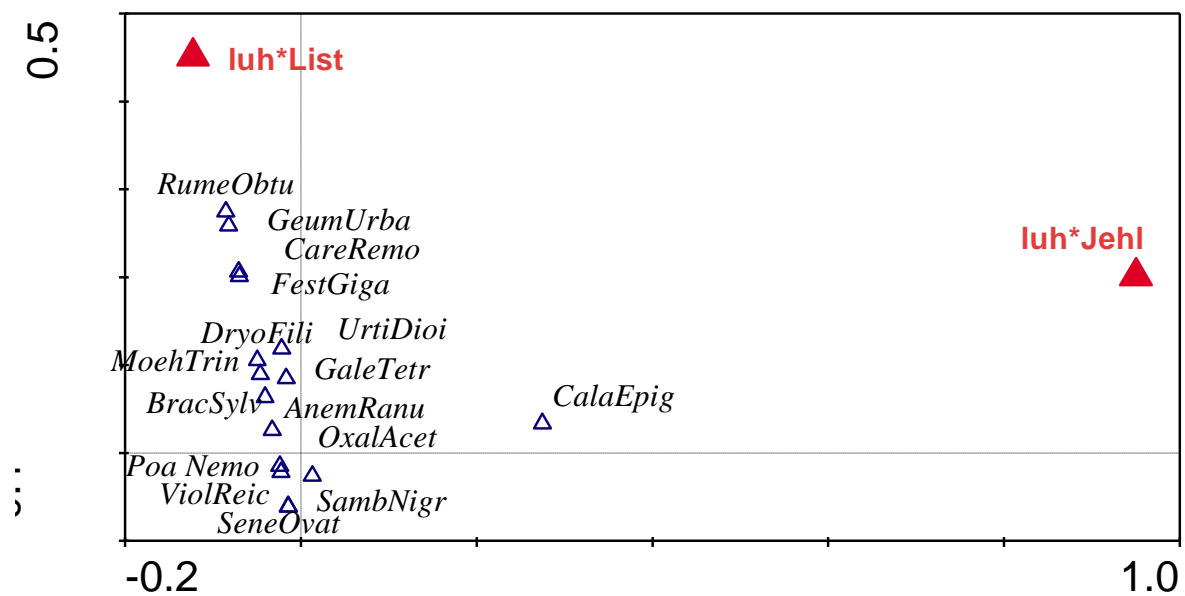
Data jsem dále analyzoval prostřednictvím (přímé) kanonické korespondenční analýzy (CCA). Zde se ukázala být průkazná interakce typu dřeviny a potenciální přirozené vegetace (F-ratio= 1.81, P-value 0.0060). Pro přehlednost jsou výsledky rozděleny do třech grafů dle zachycených svazů potenciální přirozené vegetace (Graf 15, 16, 17).



Graf 15: Kanonická korespondenční analýza (CCA) pro interakci typu dřeviny (List-Listnatá/Jehl-Jehličnatá) a potenciální přirozené vegetace svazu Luzulo-Fagion (LF)



Graf 16: Kanonická korespondenční analýza (CCA) pro interakci typu dřeviny (List-Listnatá/Jehl-Jehličnatá) a potenciální přirozené vegetace svazu *Tilio cordatae* – Fagetum (TF)



Graf 17: Kanonická korespondenční analýza (CCA) pro interakci typu dřeviny (List-Listnatá/Jehl-Jehličnatá) a potenciální přirozené vegetace lužních lesů

6 Diskuze

6.1 Diskuze k metodice

Studovaná lokalita byla vybrána s ohledem na předpokládaný, místně nepůvodní, výskyt jehličnaté dřeviny druhu *Picea abies* (smrk ztepilý). Doklady o výskytu této dominanty z doby minulé jsou totiž ve studované lokalitě kusé. V knize o Původním výskytu smrku v českých zemích se hovoří se o: „vzácném výskytu na Křivoklátsku“ (Nožička, 1972).

Dnes se však v severní oblasti studované lokality vyskytují monokulturní porosty této dominanty na rozsáhlém území. Pro účely této práce se na studovaném území CHKO Křivoklátsko vhodně střídají právě tyto monokulturní porosty a porosty dalších dřevin. Ty byly v převážné většině zaznamenaných listnatých snímků zastoupeny monokulturními porosty *Fagus sylvatica* (buk lesní) nebo *Quercus petraea* (dub zimní).

Relativně chudé geologické podloží v této oblasti je z hlediska tématu této práce dosti důležité. Kyselé písky a droby měly zvýraznit rozdíly mezi jehličnatými a listnatými monokulturami (Kirby, 1988; Augusto et al., 2002). To za předpokladu, že jehličnaté monokultury snižují pH půdy a úživnost více, než její listnaté protějšky a odhalí se tak zásadní rozdíly mezi dominantami (Emmer et al., 1998).

Zvolený přístup v náhodném výběru snímků je dle mého názoru nejvíce vhodný z hlediska maximálního pokrytí studované lokality. Zároveň přihlíží k rozdílnému zastoupení polygonů na ploše.

Co se týče komplexnosti získaných dat, je třeba poznamenat, že přínosem by eventuelně mohly být data o živinách v půdě. Chemické analýzy půd by mohly přinést část odpovědi vegetace. Nicméně zkoumání půd nebylo úplně primárním cílem této práce a zřejmě by na malém měřítku nepřineslo výsledky, které jsou naplněny očekáváním (Macek, 2011).

6.2 Diskuze k výsledkům

6.2.1 Vliv dominanty na bylinné patro lesa

Základem diverzity cévnatých rostlin v porostech temperátních lesů je diverzita bylinného patra (Gilliam, 2007; Axmannová et al., 2012). Dále je obecně známo, že druhová bohatost jehličnatých porostů je nižší, než porostů listnatých. Tato pozorování jsou podpořena řadou studií, které byly porovnány v práci Barbier et al. (2008). Taktéž práce Peterken (2001) hovoří o negativním důsledku výsadby jehličnatých monokultur na diverzitu bylinného patra původních lesů. Nicméně většina studií skutečně prokazatelné výsledky pro závislost druhové diverzity na jednotlivé typy/druhy dominant neuvádí (Skov, 1997; Emmer et al., 1998), popřípadě neuvádí počty druhů pro jednotlivé dominanty (Augusto et al., 2003). Naopak jsou jiné práce, které vztah mezi vegetací dominanty a bylinného patra uvádějí jako neprůkazný (Macek, 2011) nebo jej popisují pouze skrze ostatní (půdní pH, opad) faktory prostředí (Mölder, 2008).

Naopak v této práci byl kladen důraz na zjištění druhové bohatosti listnatých a jehličnatých monokultur a rozdílné struktury vegetace bylinného patra. Práce samozřejmě zhodnotila i řadu dalších faktorů prostředí.

Na základě statistických analýz byla prokazatelná závislost počtu druhů bylinného a keřového patra na druhu dřeviny (Graf 18). Částečně byla tato závislost zastíněna ($Pr > 0,05$) závislostí na typu dřeviny (Graf 3, $Pr < 0,05$). Z grafu 18 je zřejmé nižší druhové zastoupení i u analyzovaného monokulturního lesa dle druhu dřeviny. Podobnost skupin druhů a typů dřeviny v mé práci je natolik zřejmá, že o možné záměně není pochyb. Nicméně silnější vazba počtu druhů byla s proměnnou prostředí Listnatost (Jehličnatá/Listnatá) oproti Dominantě. Obecně tuto závislost řada prací podporuje (Barbier et al., 2008), nicméně je často vysvětlována rozdílnými lesnickými zásahy v lese (Ferris et al., 2000; Calster et al., 2007; Smith et al., 2008).

Dominanta lesa má taktéž silný vliv na půdu. Zvláště v případě smrku (*Picea abies*) hovoří práce Augusto et al. (2002) o negativní rovnováze v příjmu a výluhu vápníku a hořčíku. Úbytek důležitých látek v bylinném patře snižuje vhodnost takového prostředí pro mnoho druhu rostlin. K podobným poznatkům jsem dospěl na základě analýz půdní reakce (Soil_reaction)

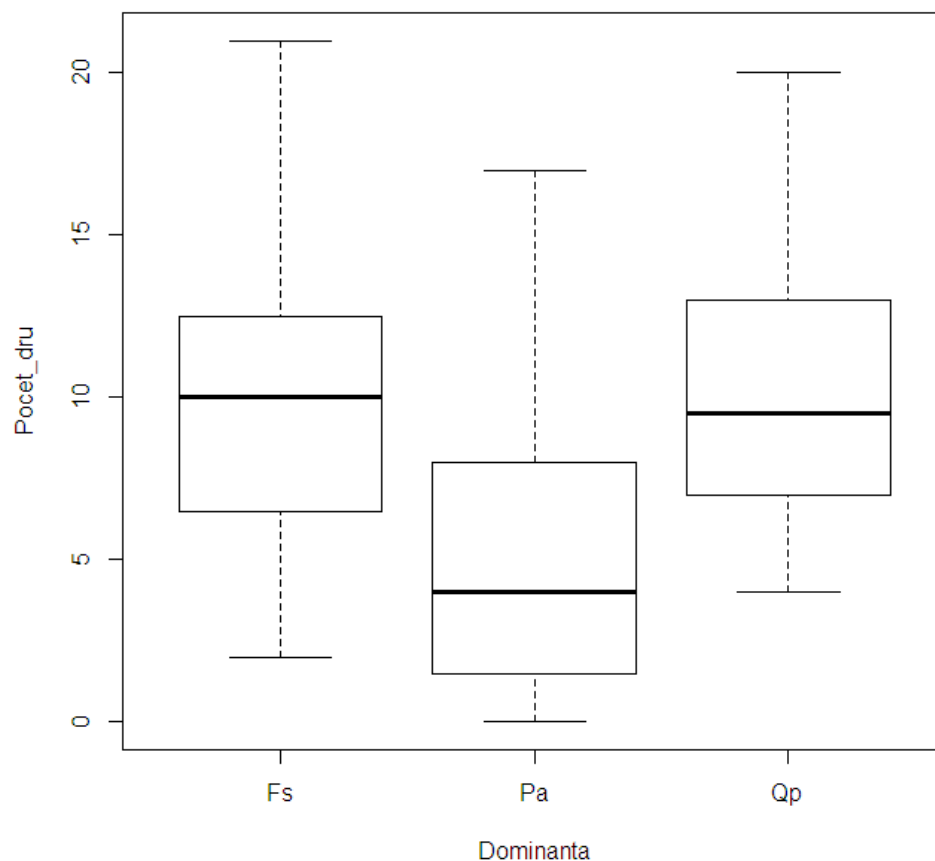
vztažené k typu dominanty. Zde se ukázaly průkazné stejné vlastnosti v ochuzení půd v případě jehličnatých monokultur.

Dle řady další studií můžeme k průkazným faktorům prostředí zařadit například světelné podmínky stanoviště (French, 2008; Paritsis, 2008, Macek, 2011). Ty jsou neoddiskutovatelně spjaté s dominantou lesa a mají vliv především na strukturu vegetace v bylinném patře. I v této práci byla změna druhového složení bylinného patra prokazatelně. Naopak o vlivu světla na druhovou bohatost stanoviště hovoří další práce jako o nepodstatném a neprůkazném (Hädtle et al., 2003; Mölder et al., 2008). Především pak je tato závislost neprůkazná na malé škále, respektive snižuje druhovou bohatost typicky lesních druhů.

Další proměnou, která je spjata s dominantou, je stáří porostu. Například ve studiích Kirby (1988) nebo French et al. (2008) a Smith et al. (2008) hovoří o závislosti druhové bohatosti stanoviště na cyklu lesa a tím i stáří lesní dominanty.

Podobné výsledky přinesla i tato práce. Věk lesní dominanty je tak jednou z proměnných prostředí, která prokazatelně ovlivňuje druhové složení bylinného patra. Věk dominanty a jeho ovlivnění vegetace lze postihnout i na poměrně malém studovaném gradientu věku. Tato práce totiž zahrnovala porosty s věkem od 60-ti let výše.

V neposlední řadě se ve spojitosti s dominantou lesa hovoří o jejím opadu. Ten opět řada studií považuje za důležitý faktor ovlivňující druhovou bohatost stanoviště (Graae & Heskjaer, 1997; Emmer, 1998; Ferris et al., 2000, Augusto et al., 2002; Augusto, 2003). Tuto skutečnost se ovšem v mojí práci nepodařilo prokázat ($Pr < 0,05$).



Graf 18: Závislost počtu druhů v podrostu na druhu dřeviny (neprůkazný test $Pr > 0,05$)

6.2.2 Vliv geologie a geografie

Z analyzovaných dat vyplývá, že nejvyšší druhová bohatost monokulturního stanoviště na zaznamenaném geologickém podkladu je dosahována na geologickém podloží štěrků (sterky). Nižších hodnot druhové bohatosti stanoviště je dosahováno na geologickém podkladu u drob. Nejnižších hodnot je pak dosaženo u hlinitých uloženin a arkózových pískovců.

Vyššího druhového bohatství je na základě mnoha studií dosahováno především na půdách s dostatkem vápníku (Kirby, 1988). Obecně se v případě severní oblasti Křivoklátska hovoří o kyselých horninách (Chlupáč, 1999) a minerálně chudých půdách (Kolbek et al., 1997).

Ve studii Kirby (1988) se zároveň mluví o vyšší druhové bohatosti závislé na pH a množství vápníku v půdě.

Vegetace jehličnatých monokultur dosahovala nižších Ellenbergových hodnot pro půdní reakci (Soil_Reaction). Tuto nízkou hodnotu půdní reakce přičítám působením faktorů popisovaných v práci Emmer et al. (1998). Zde se hovoří o vyšším vlivu depozice polutantů v jehličnaté monokultuře. Ta je schopna díky struktuře svého korunového zápoje zachytit větší množství polutantů. Ty pak spolu se srážkami vymývají báze svrchní organické vrstvy půdy.

Ellenbergovy hodnoty dostupných živin pro rostliny se dle geologického podloží ukázaly být v průměru nejvyšší na drobách (droby). Druhé nejvyšší hodnoty mediánu dosahovaly hodnoty živin na podloží štěrků (sterky). Pro hlinité uloženiny (hlinuloz) a arkózové pískovce nabývaly hodnoty živin nejnižších hodnot. Na stanovištích se zvýšenou dostupností živin zároveň můžeme pozorovat vyšší druhovou bohatost. To je v souladu s pozorováním závislosti druhového bohatství na stanovištích podle Ferris et al. (2000). V této práci se také hovoří o asociaci společenstva bylin úživných půd ve smrkových monokulturách nízkých poloh. Ty jsou v citované práci určeny především množstvím srážek, které odpovídá i této práci.

Analýza druhového složení prokázala u skupiny geologických a geografických faktorů závislost pouze na geologickém podloží. Rostliny jako: *Galeopsis tetrahit*, *Geum urbanum* a *Impatiens parviflora*, se vyskytují na geologickém podkladu drob (droby). O těchto rostlinách se také hovoří v práci, jako o rostlinách vázaných na dostatek živin Koerner et al. (1997). Z dalších druhů si můžeme povšimnout byliny druhu *Luzula luzuloides*, která je v té samé práci označována naopak jako druh s častým výskytem na místech s nižší dostupností živin. V případě mé práce byl tento druh vázán na stanoviště arkózových pískovců (arkpis), které se taktéž ukázaly být charakteristické pro svou nízkou dostupnost živin.

6.2.3 Procento vysvětlené variability

K rozdělení faktorů prostředí do třech samostatných skupin se přistoupilo v práci French et al. (2007). Zde došlo k rozdělení na skupiny lesnických, geografických a půdních proměnných prostředí. Ve skupině lesnických proměnných byly zařazeny například stáří porostu nebo pokryvnost korunového zápoje. Do skupiny geografických proměnných byly zařazeny proměnné

prostředí jako: geologie nebo nadmořská výška. Tyto skupiny pak částečně odpovídají skupinám Dominanta a Geologie v analýzách provedených v této práci. Odlišnosti jsou pak ve třetí skupině, kde v práci French et al. (2007) došlo k použití pH a dalších půdních proměnných. Jako nejsilnější studovanou skupinou se, jak ve zmiňované práci, tak v této práci, ukázala být skupina zahrnující stromový porost a jeho vlastnosti.

7 Závěr

Jehličnatá dominanta působí v monokulturním lese značně negativně na bylinný podrost v porovnání s listnatou dominantou. Konkrétně smrkové (*Picea abies*) monokultury snižují druhovou bohatost stanoviště zásadním způsobem a to i v porovnání s bukem (*Fagus sylvatica*). Zároveň mění druhové složení na stanovišti. Stejně tak snižují kvalitu půdy. Na základě pozorování nebyly zjištěny žádné druhy bylin, které by upřednostňovaly zastínění a růst pod jehličnatou monokulturou. Ba naopak jsem našel druhy, které byly spjaté s listnatou dominantou monokulturního lesa.

Z geologických a geografických podmínek prostředí měly zásadní vliv na vegetaci geologické podloží stanoviště a jeho nadmořská výška. K překvapení vyšly vyšší hodnoty druhové bohatosti u geologického podloží drob a štěrků. Stejný trend jsem zaznamenal u Ellenbergových hodnot, které značily vyšší úživnost a heterogenitu na zmiňovaném podloží. Skupiny se také mezi sebou lišily druhovou skladbou bylinného podrostu.

K zajímavým zjištěním došlo na základě zkoumání potenciální přirozené vegetace. Ta, přestože dle analýz neprokazuje žádný uměle vygenerovaný trend, poskytla informace o přeměně bylinného patra na základě výsadby jehličnaté monokultury. Tato přeměna byla pozorována na všech zkoumaných biotopech. Zle tedy říci, že jehličnatá dominanta ovlivňuje nejenom jednotlivé druhy bylinného patra, ale mění celé ekosystémy.

Ze studovaných proměnných prostředí došlo k vysvětlení více jak třetiny celkové variability prostředí, což souhlasí s očekávanými výsledky této práce. Tímto práce splnila cíle a odpověděla na kladené otázky.

8 Citovaná literatura

Augusto, L., Ranger, J., Ponette, Q., Rapp, M. (2000): Relationships between forest tree species, stand production and stand nutrient amount, *Ann. For. Sci.* 57, 313–324.

Augusto, L., Dupouey, J-L., Picard, J-F., Ranger, J. (2001): Potencial contribution of the seed bank in coniferous plantations to the restoration of native deciduous forest vegetation. *Acta Oecologica* 22, 87-98.

Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., Rothe, A. (2002): Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Ann. For. Sci.* 59, 233–253.

Augusto, L., Dupouey, J., Ranger, J. (2003): Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Ann. For. Sci.* 60, 823–831.

Axmanová I. et al. ((2012): The species richness–productivity relationship in the herb layer of European deciduous forests. *Global Ecology and Biogeography* 21, 657–667.

Baeten, L., Bauwens, B., De Schrijver, A., De Keersmaecker, L., Van Calster, H., Vandekerckhove, K., Roelandt, B., Beeckman, H. (2009): Herb layer changes (1954-2000) related to the conversion of coppice-with-standards forest and soil acidification. *Applied Vegetation Science* 12, 187–197.

Barbier, S., Gosselin, F. & Balandier, P., (2008): Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management* 254, 1–15 13.

Beven K.J, Kirby M.J (1979): A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrological Science Bulletin* 24, 43–69.

Brockerhoff, E.G. ; Jactel, H; Parrotta, J. A, Quine, C. P., Sayer J. (2008): Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodivers Conserv* 17:925-951.

Canham, D.C., Finzi, A.C., Pacala, S.W., Burbank, D.H. (1994): Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. *Can. J. For. Res.* 24, 337–349.

Courchesne F., Gobran G.R. (1997): Mineralogical variations of bulk and rhizosphere soils from a Norway spruce stand, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 1245–1249.

Davis, M.R. (1990): Chemical composition of soil solutions extracted from New Zealand beech forests and West German beech and spruce forests, *Plant Soil* 126, 237–246.

De Schrijver, A., Geudens, G., Augusto, L., Staelens, J., Mertens, J., Wuyts, K., Gielis, L., Verheyen, K. (2007): The effect of forest type on throughfall deposition and seepage flux: a review. *Oecologia* 153:663–67.

Dupuy J. M., Chazdon R. L. (2008): Interacting effects of canopy gap, understory vegetation and leaf litter on tree seedling recruitment and composition in tropical secondary forests. *Forest Ecology and Management* 255, 3716–3725.

Eckstein R. L. and Donath T. W. (2005): Interactions between litter and water availability affect seedling emergence in four familial pairs of floodplain species. *Journal of Ecology* **93**, 807–816.

Ellenberg, H. (1988): Vegetation ecology of Central Europe. 4th ed. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK.

ELLENBERG, H., WEBER, H.E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18. *Erich Goltze KG*, Göttingen.

Emmer, I.M., Fanta, J., Kobus, A.T., Kooijman, A., Sevink, J., Fanta, J. (1998): Reversing borealization as a means to restore biodiversity in Central- European mountain forests—an example from the Krkonoše mountains, *Czech Republic. Biodiv. Conserv.* 7, 229–247.

ESRI (2007): ArcGIS 9.2. GIS and Mapping Software. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California. www.esri.com.

Eycott A. E., Watkinson A. R. and Dolman P. M. (2006): Ecological patterns of plant diversity in a plantation forest managed by clearfelling. *Journal of Applied Ecology* 2006 43, 1160–1171.

Ferris R., Peace A.J., Humphrey J.W., Broome A.C. (2000): Relationships between vegetation, site type and stand structure in coniferous plantations in Britain. *Forest Ecology and Management* 136, 35±51.

Fichter J., Dambrine E., Turpault M.P., Ranger J. (1998): Base cation supply in spruce and beech ecosystems of the Strengbach catchment (Vosges mountains, N-E France), *Water Air Soil Pollut.* 105, 125–148.

Florinsky I.V., Kuryakova G.A. (1996): Influence of topography on some vegetation cover properties. *Catena* 27, 123-141.

Foster B.L., Katherine L.G. (1998): Species richness in a successional grassland: effects of nitrogen enrichment and plant litter. *Ecology* 79, 2593–2602

Frazer, G.W., Canham, C.D. & Lertzman, K.P. (1999): Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs. Program.

French J.L., et al.(2008): Ground flora communities in temperate oceanic plantation forests and the influence of silvicultural, geographic and edaphic factors. *Forest Ecology and Management* 255, 476–494

Gamborg Ch., Bo Larsen Jørgen (2003): ‘Back to nature’—a sustainable future for forestry? *Forest Ecology and Management* 179, 559–571

Gilliam, F.S. (2007): The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. *BioScience* 57, 845–858.

Graae B.J. and Heskjaer V.S. (1997): A comparison of understorey vegetation between untouched and managed deciduous forest in Denmark. *Forest Ecology and Management* 96, 111-123.

Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., Nihlgård, B. (2004). The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *Forest Ecology and Management.* 195, 373–384.

Hannerz M. & Hånell B. (1997): Effects on the flora in Norway spruce forests following clearcutting and shelterwood cutting. *Forest Ecology and Management.* 90, 29-49.

Härdtle, W., von Oheimb, G., Westphal, C. (2003): The effects of light and soil conditions on the species richness of the ground vegetation of deciduous forests in northern Germany (Schleswig-Holstein). *Forest Ecology and Management.* 182, 327–338.

Härdtle, W., von Oheimb, G. & Westphal, C. (2005): Relationships between the vegetation and soil conditions in beech and beech–oak forests of northern Germany. *Plant Ecology.* 177, 113–124.

Hennekens, S.M. & Schaminée, J.H.J. (2001): TURBOVEG, a comprehensive database management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*. 12, 589- 591.

Horgan, T., Keane, M., McCarthy, R., Lally, M., Thompson, D. (2004). In: OCarroll, J. (Ed.), A Guide to Forest Tree Species Selection and Silviculture in Ireland. 2nd ed. *COFORD*, Dublin.

Humphrey, J. W. (2005): Benefits to biodiversity from developing old-growth conditions in British upland spruce plantations: a review and recommendations. *Forestry*. 78, 1093-004.

Chlupáč, I. (1999): Vycházky za geologickou minulostí Prahy a okolí. 2. uprav. vyd. *Academia* ISBN 80-200-0680-x.

Inoue, A., Yamamoto, K. & Mizoue, N. (2011): Comparison of automatic and interactive thresholding of hemispherical photography. *Journal of Forest Science*. 57, 78-87.

Jukes, M. R., Ferris, R., Peace, A. J. (2000): The influence of stand structure and composition on diversity of canopy Coleoptera in coniferous plantations in Britain. *Forest Ecology and Management*. 163, 27-41

Jonášová, M., Hees, A. van, Prach, K. (2006): Rehabilitation of monotonous exotic coniferous plantations: A case study of spontaneous establishment of different tree species. *Ecological Engineering*. 28, 141–148.

Kembel, S. W., Waters, I., Shay J. M. (2008): Short-term effects of cut-to-length versus full-tree harvesting on understorey plant communities and understorey-regeneration associations in Manitoba boreal forests. *Forest Ecology and Management*. 255, 1848–1858.

Kenk, G. & Guehne, S. (2001): Management of transformation in central Europe. *Forest Ecology and Management*. 151, 107-119

Kirby, K. J. (1988): Changes in the ground flora under plantations on ancient woodland sites. *Forestry* 61, 317–338.

Klinka, K.H., Chen, Y.H., Wang, Q., Montigny, L.D. (1996): Forest canopies and their influence on understorey vegetation in early-seral stands on West Vancouver Island. *Northwest Sci.* 70, 193–200.

Kubát, K. (Ed.). (2002): Klíč ke květeně České republiky. *Academia*, Praha.

Koerner, W., Dupoe, J. L., Dambrine, E., Benoît, M. (1997): Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France. *Journal of Ecology*. 85, 351-358.

Koch A.S., Matzner E. (1993): Heterogeneity of soil and soil solution chemistry under Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) as influenced by distance from the stem basis. *Plant Soil*. 151, 227–237.

Kolb A. & Diekmann M. (2004): Effects of environment, habitat configuration and forest continuity on the distribution of forest plant species. *Journal of Vegetation Science*. 15, 199-208.

Kolbek, J. (1997): Potenciální přirozená vegetace biosferické rezervace Křivoklátsko. 1. vyd. Academia ISBN 80-200-0610-9.

Kolbek, J. (2003): Vegetace Chráněné krajinné oblasti a Biosférické rezervace Křivoklátsko. Academia ISBN 80-200-1159-5.

Kolektiv autorů: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010. www.mze.cz [2012-05-10]

Leuschner, Ch. & Lenzion, J. (2009): Air humidity, soil moisture and soil chemistry as determinants of the herb layer composition in European beech forests. *Journal of Vegetation Science*. 20, 288–298.

Macek, M. (2011): Vliv světla na složení a diverzitu lesní vegetace v Českém středohoří. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Diplomová práce

Mašek J. (Ed.) (1997): Chráněná krajinná oblast a biosférická rezervace Křivoklátsko. Geologická a přírodovědná mapa. 1. vyd. Český geologický ústav ISBN 80-70-255-6.

McCune, B.; Keon, D. (2002): Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *Journal of Vegetation Science*. 13, 603-606.

Mudrák O., Frouz J., Velichová V. (2010): Understory vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands. *Ecological Engineering* 32, 783-790.

Mölder A., Berhardt-Römermann M., Schmidt W. (2008): Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? *Forest Ecology and Management*. 256, 272-281

Naaf, T. & Wulf, M. (2007): Effects of gap size, light and herbivory on the herb layer vegetation in European beech forest gaps. *Forest Ecology and Management*. 244, 141-149.

Naaf, T. & Wulf, M. (2009): Herb layer response to broadleaf tree species with different leaf litter quality and canopy structure in temperate forests. *Journal of Vegetation Science*. 20, 517–526

Nobis, M. (2005): SideLook 1.1 - Imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. 5.

Nobis, M. & Hunziger, U. (2005): Automatic thresholding for hemispherical canopy photographs based on edge detection. *Agricultural and Forest Meteorology*. 128, 243-250.

Nordén, U. (1994a): Influence of broad-leaved tree species on pH and organic matter content of forest topsoils in Scania, South Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 9, 1–8.

Nožíčka J. (1972): Původní výskyt smrku v českých zemích. *Státní zemědělské nakladatelství Praha*. 07-009-72.

O'Hara, K. L. (2001): The silviculture of transformation – a commentary. *Forest Ecology and Management*. 151, 81-86

Palmer, M.W. (1993): Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology*. 74, 2215–2230.

Paritsis, J., Aizen, Marcelo A. (2008): Effects of exotic conifer plantations on the biodiversity of understory plants, epigeal beetles and birds in *Nothofagus dombeyi* forests. *Forest Ecology and Management*. 255, 1575–1583.

Peterken, G.F. (1996): Natural Woodland: Ecology and Conservation in Northern Temperate Regions, *Cambridge University Press*, Cambridge, 522 pp.

Peterken, G.F. (2001): Ecological effects of introduced tree species in Britain. *Forest Ecology and Management*. 141, 31±42.

Pigott, C.D. (1990): The influence of evergreen coniferous nurse-crops on the field layer in two woodland communities, *J. Appl. Ecol.* 27, 448–459.

Quitt, E. (1971): Klimatické oblasti Československa. *Studia geographica*. 16, 1–84.

R Development Core Team (2011): The R Foundation for Statistical Computing, version 2.14.1 (2011-12-22)

Reichelt G., Wilmanns O. (1973): Vegetationsgeographie. *Westermann*, Braunschweig

Rothe, A., Huber, C., Kreutzer, K., Weis, W. (2002): Deposition and soil leaching in stands of Norway spruce and European beech: results from the öglwald research in comparison with other European case studies. *Plant and Soil*. 240, 33–45.

Skov, F. (1997): Stand and neighbourhood parameters as determinants of plant species richness in a managed forest. *J. Veg. Sci.* 8, 573–578.

Skov, F., Svenning, J.-C. (2003): Predicting plant species richness in a managed forest. *Forest Ecology and Management*. 180, 583–593.

Small, Ch. J. & McCarthy B. C. (2005): Relationship of understory diversity to soil nitrogen, topographic variation, and stand age in an eastern oak forest, USA. *Forest Ecology and Management*. 217, 229–243.

Smith G. F, Gittings T., Wilson M., French L., Oxbrough A., O'Donoghue S., O'Halloran J., Kelly D. L., Mitchell F. J. G., Kelly T., Iremonger S., McKee A.-M., Giller P. (2008): Identifying practical indicators of biodiversity for stand-level management of plantation forests. *Biodivers Conserv.* 17, 991–1015.

Ter Braak C.J.F. & Šmilauer P. (1998): CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA. 352 pp.

Thelin Gunnar, Rosengren Ulrika, Callesen Ingeborg, Ingerslev Morten (2002): The nutrient status of Norway spruce in pure and in mixed-species stands. *Forest Ecology and Management*. 160, 115–125.

Thimonier A., Dupouey J. L., Bost F. and Becker M. (1994): Simultaneous eutrophication and acidification of a forest ecosystem in North-East France. *New Phytol.* 126, 533–539.

Thomas, S.C., Halpern, C.B., Falk, D.A., Liguori, D.A., Austin, K.A. (1999): Plant diversity in managed forests: understory responses to thinning and fertilization. *Ecol. Appl.* 9, 864–879.

Thomsen, R.P., Svenning, J.C. & Balslev, H. (2005): Overstorey control of understorey species composition in a near-natural temperate broadleaved forest in Denmark. *Plant Ecology*. 181, 113–126.

Tichý, L. (2002): JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*. 13, 451–453.

Van Calster, H., Baeten, L., De Schrijver, A., De Keersmaecker, L., Rogister, J.E., Verheyen, K., Hermy, M. (2007): Management driven changes (1967–2005) in soil acidity and the understorey plant community following conversion of a coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management*. 241, 258–271.

9 Přílohy

9.1 Seznam zkratk:

ANCOVA analýza kovariáty

CCA kanonická korespondenční analýza

DCA detrendovaná korespondenční analýza

GLM zobecněný lineární model

PDSI Potenciální přímé ozáření

WTI topografický vlhkostní index

9.2 Seznam druhů bylin:

Achimill <i>Achillea millefolium</i> agg.	Dentbul <i>Dentaria bulbifera</i>
Ajugrept <i>Ajuga reptans</i>	Descces <i>Deschampsia cespitosa</i>
Allipeti <i>Alliaria petiolata</i>	Digispec <i>Digitalis species</i>
Anemnemo <i>Anemone nemorosa</i>	Dryocart <i>Dryopteris carthusiana</i>
Anemranu <i>Anemone ranunculoides</i>	Dryodila <i>Dryopteris dilatata</i>
Anthsylv <i>Anthriscus sylvestris</i>	Dryofili <i>Dryopteris filix-mas</i>
Arctnemo <i>Arctium nemorosum</i>	Epilangu <i>Epilobium angustifolium</i>
Athyfili <i>Athyrium filix-femina</i>	Epilmont <i>Epilobium montanum</i>
Avenflex <i>Avenella flexuosa</i>	Euphcypa <i>Euphorbia cyparissias</i>
Bracpinn <i>Brachypodium pinnatum</i>	Fallconv <i>Fallopia convolvulus</i>
Bracsylv <i>Brachypodium sylvaticum</i>	Festgiga <i>Festuca gigantea</i>
Brombene <i>Bromus benekenii</i>	Festovin <i>Festuca ovina</i>
Calaarun <i>Calamagrostis arundinacea</i>	Fragvesc <i>Fragaria vesca</i>
Calaepig <i>Calamagrostis epigejos</i>	Galelute <i>Galeobdolon luteum</i>
Calavill <i>Calamagrostis villosa</i>	Galetetr <i>Galeopsis tetrahit</i> agg.
Camppers <i>Campanula persicifolia</i>	Galiapa <i>Galium aparine</i>
Cardimpa <i>Cardamine impatiens</i>	Galiodo <i>Galium odoratum</i>
Carebriz <i>Carex brizoides</i>	Galisyl <i>Galium sylvaticum</i>
Careechi <i>Carex echinata</i>	Gerarob <i>Geranium robertianum</i>
Carepilu <i>Carex pilulifera</i>	Geumurb <i>Geum urbanum</i>
Careremo <i>Carex remota</i>	Gymndryo <i>Gymnocarpium driopteris</i>
Carespec <i>Carex species</i>	Gymnrobe <i>Gymnocarpium robertianum</i>
Carespic <i>Carex spicata</i>	Hedeheli <i>Hedera helix</i>
Circlute <i>Circaea lutetiana</i>	Hepanobi <i>Hepatica nobilis</i>
Clinvulg <i>Clinopodium vulgare</i>	Hierlach <i>Hieracium lachenalii</i>
Convarve <i>Convulvus arvensis</i>	Hiermuro <i>Hieracium murorum</i>
Crepmoll <i>Crepis mollis</i>	Hierrace <i>Hieracium racemosum</i>
Dactglo <i>Dactylis glomerata</i>	

Hiersab *Hieracium sabaudum*
 Holcmoll *Holcus mollis*
 Hordeuro *Hordelymus europaeus*
 Hypeperf *Hypericum perforatum*
 Impaglan *Impatiens glandulifera*
 Impanoli *Impatiens noli-tangere*
 Impaparv *Impatiens parviflora*
 Junceff *Juncus effusus*
 Juncinfl *Juncus inflexus*
 Junctenu *Juncus tenuis*
 Lathprat *Lathyrus pratensis*
 Lathvern *Lathyrus vernus*
 Liguulg *Ligustrum vulgare*
 Luzucamp *Luzula campestris*
 Luzuluzu *Luzula luzuloides*
 Lycoeur *Lycopus europaeus*
 Lysinum *Lysimachia nummularia*
 Maiabif *Maianthemum bifolium*
 Melaarv *Melampyrum arvense*
 Melinuta *Melica nutans*
 Mercpere *Mercurialis perennis*
 Moehtin *Moehringia trinervia*
 Moliarun *Molinia arundinacea*
 Mycemura *Mycelis muralis*
 Myosarve *Myosoton arvensis*
 Oxalacet *Oxalis acetosella*
 Persminor *Persicaria minor*
 Phegconn *Phegopteris connectilis*
 Planmajo *Plantago major*
 Poa nemo *Poa nemoralis*
 Poa prat *Poa pratensis* agg.

Poa triv *Poa trivialis*
 Prenpurp *Prenanthes purpurea*
 Prunvul *Prunella vulgaris*
 Pteraqui *Pteridium aquilinum*
 Ribeuva *Ribes uva-crispa*
 Rosaspec *Rosa species*
 Rubucaes *Rubus caesius*
 Rubuidae *Rubus idaeus*
 Rubuspec *Rubus species*
 Rumeacet *Rumex acetosa*
 Rumeacet *Rumex acetosella*
 Rumeobtu *Rumex obtusifolius*
 Sambnigr *Sambucus nigra*
 Sanieuro *Sanicula europaea*
 Scronodo *Scrophularia nodosa*
 Seneovat *Senecio ovatus*
 Senesylv *Senecio sylvaticus*
 Stacsylv *Stachys sylvatica*
 Stelhol *Stellaria holostea*
 Stelnem *Stellaria nemorum*
 Tanacor *Tanacetum corymbosum*
 Torijap *Torilis japonica*
 Trifmed *Trifolium medium*
 Urtidio *Urtica dioica*
 Vaccmyr *Vaccinium myrtillus*
 Verboffi *Verbena officinalis*
 Verocham *Veronica chamaedrys*
 Verooffi *Veronica officinalis*
 Vicisep *Vicia sepium*
 Violreic *Viola reichenbachiana*
 Violrivi *Viola riviniana*

9.3 Nastavení analýz hemisférických fotografií:

--- IMAGE ---

Initial Cursor Point: 180,00 degrees.

Projection Distortion: Polar

--- SITE ---

Latitude: 50:517 North

Longitude: 13:4951 East

Elevation: 420

Slope: 0

Aspect: 0

Topographic Mask: Yes

--- RESOLUTION ---

Solar Time Step: 2 mins

Growing Season Start: 7:1

Growing Season End: 8:31

Azimuth Regions: 36

Zenith Regions: 9

--- RADIATION ---

Data Source: Modelled

Solar Constant: 1367

Output Units: Mols m-2 d-1

Cloudiness Index (kt): 0,5

BeamFraction: 0,5

SpectralFraction: 0,5

Sky Brightness Dist.: UOC Model

Clear-Sky Trans.: 0,65

9.4 Seznam snímků:

Číslo snímku	Pokryvnost stromového patra(%)	Pokryvnost keřového patra(%)	Pokryvnost bylinného patra(%)	Číslo fotografie	Svah(°)	Název	Opad	Humus	A0
1	55	1	40	1807	15	L71	1	0	5
2	65	0	0	1808	2	J66	2	5	1
3	60	0	55	1809	1	L72	1	0	4
4	60	0	15	1810	10	L70	1	0	4
5	50	15	60	1811	3	L61	1	6	1
6	60	0	3	1812	0	J63	3	0	3
7	70	0	1	1813	0	J56	1	5	3
8	60	0	3	1814	0	J51	1	2	3
9	80	0	1	1815	1	J52	1	2	3
10	90	6	70	1816	0	L35	3	5	0
11	70	55	25	1817	0	J30	3	4	1
12	50	0	30	1818	0	J29	2	2	1
13	70	5	40	1819	0	L34	2	2	2
14	70	0	10	1820	0	J28	1	0	2
15	80	6	40	1821	5	L1	5	2	1
16	60	0	70	1822	10	L2	3	1	7
17	50	30	50	1823	3	J8	1	1	5
18	80	1	2	1824	10	J6	1	1	1
19	60	0	40	1825	25	L6	2	1	1
20	95	0	1	1826	15	L7	2	1	2
21	50	20	20	1827	30	L8	1	2	2
22	90	5	15	1828	20	J7	2	2	2
23	50	3	50	1829	5	J2	1	2	2
24	95	0	10	1830	2	J13	1	1	2
25	50	0	20	1831	1	L22	1	2	2
26	90	10	60	1832	0	L24	1	1	3
27	75	10	70	1833	5	L11	2	2	0
28	75	50	10	1834	2	L12	1	1	2
29	80	0	20	1835	0	J12	1	1	2
30	50	75	40	1836	0	L19	1	2	2
31	50	70	80	1837	0	L21	1	1	3
32	80	0	20	1838	0	L27	2	1	2
33	95	5	20	1839	1	L38	2	2	0
34	75	20	50	1840	0	L36	2	2	1
35	95	0	15	1841	5	L54	3	2	2
36	90	5	0	1842	5	J55	1	1	5

Číslo snímku	Číslo fotografie	Průměr stromů	Odchylka průměru stromů	Pernc_can	Trans_dir	Trans_dif	Trans_tot	PDSI
1	1807	174.5000	9	13,66	4,92	3,68	8,61	0,7591
2	1808	63,1333	13,3422	8,53	5,06	3,03	8,09	0,8471
3	1809	244.3333	70,8889	10,83	5,95	3,18	9,13	0,8515
4	1810	169.8571	12,9796	12,33	3,04	3,02	6,05	0,9031
5	1811	104.6667	8,963	13,03	5,05	4,63	9,68	0,8749
6	1812	91,9231	12,5444	12,71	7,45	4,4	11,85	0,8584
7	1813	93	12,2	10,66	5,74	3,37	9,11	0,8584
8	1814	116.2857	40,898	10,16	3,81	3,3	7,11	0,8584
9	1815	64,7692	28,213	8,54	2,65	3	5,65	0,8475
10	1816	104.6250	74,3438	9,73	2,87	3	5,87	0,8584
11	1817	93	18,2857	8,2	1,9	2,83	4,74	0,8584
12	1818	76,0769	15,4675	9,71	4,14	3,29	7,44	0,8584
13	1819	76	15	9,62	1,69	3,06	4,75	0,8584
14	1820	51,0769	9,6568	7,8	1,66	2,87	4,54	0,8584
15	1821	64,2222	27,9506	13,49	3,61	4,51	8,12	0,8111
16	1822	81	23,4286	10,07	4,37	3,42	7,79	0,7486
17	1823	82,75	10,75	9,59	1,93	3,26	5,19	0,8254
18	1824	73,7333	15,9822	9,29	2,07	3,2	5,27	0,7958
19	1825	114.5000	19	15,54	4,01	3,95	7,96	0,8159
20	1826	89,875	30,625	10,18	2,29	2,43	4,73	0,7303
21	1827	86,5	18,5	10,9	1,19	2,66	3,85	0,6119
22	1828	84,8571	26,449	11,82	2,13	3,57	5,7	0,9349
23	1829	99,75	33,8125	11,34	3,7	3,48	7,18	0,8839
24	1830	98,5	85,75	11,49	2,73	2,63	5,37	0,8696
25	1831	269.0000	124.0000	11,01	2,08	3,42	5,5	0,8633
26	1832	103.8000	28,08	8,66	1,19	2,78	3,96	0,8584
27	1833	64,1	21,3	14,34	1,83	4,42	6,25	0,8853
28	1834	55,3077	19,9172	11,89	2,28	3,97	6,25	0,837
29	1835	83,5833	13,4167	16,02	8,6	4,66	13,26	0,8584
30	1836	77,7778	20,3704	11,02	3,11	3,51	6,62	0,8584
31	1837	69,5714	23,7959	9,21	3,71	2,94	6,65	0,8584
32	1838	127.6000	38,08	12,24	3,16	3,15	6,32	0,8584
33	1839	86,1667	28,8333	9,91	5,72	2,76	8,48	0,8474
34	1840	67,6667	28,7407	7,98	3,5	2,79	6,29	0,8584
35	1841	179.0000	68	11,62	3,6	3,07	6,66	0,8019
36	1842	62,5833	15,3472	13,95	7,02	4,82	11,84	0,8324

Číslo snímku	Věk	WTI	Geo	Pveg	Nadvys	Listnatost	Pocet_dru	Dominanta
1	17	8,649479	18	LF	448,9534	2	11	Fs
2	6	10,58275	5	LF	421,8929	1	0	Pa
3	17	8,753096	18	LF	455,6181	2	10	Fs
4	17	9,949414	18	LF	444,3126	2	6	Fs
5	17	9,981329	18	LF	445,5747	1	11	Ps
6	7	10,85377	18	LF	446,6178	1	3	Pa
7	7	11,36851	18	LF	448,1892	1	1	Pa
8	8	12,49022	18	luhy	431,2806	1	4	Pa
9	7	10,50953	18	LF	438,7097	1	3	Pa
10	6	11,45615	41	TF	426,9269	2	21	Fs
11	9	11,27395	41	TF	417,0768	1	12	Pa
12	6	11,6984	41	TF	418,9395	1	8	Pa
13	6	10,8652	48	TF	422,6017	2	17	Qp
14	6	12,32395	41	TF	428,0661	1	10	Pa
15	14	8,724731	41	MCa	352,4156	2	21	Qp
16	13	11,21438	41	LF	365,8603	2	20	Qp
17	7	10,2459	41	LF	403,4978	2	8	Ostlist
18	6	10,35557	41	MCa	395,9877	1	10	Pa
19	13	7,733049	3	MCa	379,8332	2	13	Qp
20	13	8,058309	41	LF	372,2054	2	3	Fs
21	13	6,794403	41	MCa	352,4723	2	6	Qp
22	16	8,737389	3	MCa	358,0777	2	21	Qp
23	16	9,221279	41	luhy	373,0539	2	18	Fs
24	10	12,15518	13	LF	390,5247	2	13	Fs
25	17	11,09431	41	LF	427,7306	2	12	Fs
26	6	10,50729	41	LF	417,462	2	9	Qp
27	6	10,3635	48	LF	385,8411	2	13	Qp
28	6	10,37817	13	LF	389,1671	2	13	Qp
29	10	11,61552	13	LF	391,5988	1	8	Pa
30	7	13,62489	41	LF	406,5547	2	20	Ostlist
31	7	13,45083	41	LF	405,1149	2	19	Fs
32	17	8,051211	3	TF	410,3282	2	6	Fs
33	6	12,91197	41	TF	424,1559	2	12	Ostlist
34	6	14,2691	41	TF	423,7883	2	15	Ostlist
35	17	10,24333	18	LF	417,9635	1	6	Pa
36	6	9,481183	18	LF	462,9853	1	1	Pa

Číslo snímku	Pokryvnost stromového patra(%)	Pokryvnost keřového patra(%)	Pokryvnost bylinného patra(%)	Svah(°)	Název	Opad	Humus	A0
37	90	0	1	3	L50	2	1	3
38	60	2	5	5	J46	2	7	0
39	80	15	25	5	J38	2	1	3
40	50	0	10	7	J37	2	1	2
41	90	0	25	10	L47	2	1	2
42	50	50	5	2	J49	2	1	3
43	95	20	5	20	L16	1	1	2
44	80	30	70	20	L18	1	3	1
45	80	0	1	2	J16	1	1	1
46	60	1	40	1	J11	2	2	1
47	70	0	30	0	J10	2	4	1
48	90	8	50	10	L30	1	1	0
49	85	5	0	11	J19	2	1	2
50	70	0	30	7	L15	1	1	3
51	80	0	15	5	L14	1	1	2
52	60	15	10	7	J9	2	2	1
53	50	0	20	5	J4	1	1	1
54	50	50	25	10	J3	1	1	1
55	80	0	1	0	J17	1	3	1
56	80	8	1	1	J25	1	3	1
57	85	2	1	1	J24	1	1	1
58	80	0	0	0	J32	2	2	1
59	70	0	40	0	L25	1	1	1
60	60	0	1	2	L32	1	1	2
61	85	0	70	0	L39	2	1	2
62	80	0	1	0	J31	1	1	0
63	75	5	30	0	L37	1	1	0
64	90	0	40	5	L5	1	1	3
65	70	10	80	0	L4	1	0	3
66	95	40	1	0	L56	1	1	0
67	70	20	15	5	J54	1	2	1
68	70	20	40	0	L55	1	1	4
69	50	0	8	15	J18	2	2	4
70	50	0	10	20	J15	1	3	2
71	70	0	10	10	J26	2	2	2
72	85	4	7	10	L33	1	1	3
73	70	0	0	10	J27	2	2	1
74	50	0	98	10	L41	1	1	0
75	50	5	85	10	L40	1	1	3
76	85	0	1	20	J41	4	2	0

Číslo snímku	Číslo fotografie	Průměr stromů	Odchylka průměru stromů	Pernc_can	Trans_dr	Trans_dif	Trans_tot	PDSI
37	1846	158.1667	29,8333	9,53	5,79	2,98	8,77	0,8261
38	1843	76,7	46,04	8,28	3,42	2,94	6,35	0,8797
39	1844	70,875	26,875	8,05	1,99	2,93	4,92	0,8136
40	1845	116.2500	18,375	10,03	1,51	2,52	4,04	0,7853
41	1847	149.0000	32	9,76	3,19	2,55	5,74	0,893
42	1848	78,1429	20,9796	8,71	3,1	3,04	6,13	0,836
43	1849	83,75	40,125	8,72	2,63	2,4	5,03	0,6494
44	1850	44	9,3333	8,57	3,22	2,31	5,53	0,6494
45	1851	57,5263	7,6565	9,81	3,14	3,37	6,51	0,8696
46	1852	101.3333	13	10,44	4,57	3,43	8	0,8636
47	1853	86,6	14,96	16,8	4,51	4,64	9,15	0,8584
48	1854	87,4286	12,2041	9,49	2,86	2,98	5,83	0,9053
49	1855	39,2692	10,9053	8,89	4,08	3,12	7,2	0,8362
50	1856	111.4000	21,68	14,06	3,78	4,21	7,99	0,8812
51	1857	104.0000	28,75	15,58	3,33	3,49	6,82	0,8797
52	1858	58,4667	23,1644	8,35	3,25	2,8	6,05	0,8941
53	1859	89,9	33,5	8,44	1,89	3,02	4,91	0,8853
54	1860	82,75	14,75	9,83	5,21	3,16	8,37	0,8244
55	1862	87,6	22,28	15,46	5,02	5,19	10,21	0,8584
56	1863	107.6000	14,72	12,64	5,89	4,19	10,08	0,8474
57	1864	82,6667	25,4444	9,06	3,07	3,11	6,18	0,8492
58	1865	85,4444	16,3951	8,92	4,11	2,98	7,09	0,8584
59	1866	192.0000	13	15,12	4,85	4,41	9,26	0,8584
60	1867	189.5000	23	9,14	1,42	2,93	4,35	0,8696
61	1868	76,0909	24,2314	15,85	6,94	5,01	11,95	0,8584
62	1869	62,6	14,6	8,48	3,97	3,09	7,07	0,8584
63	1870	74,4286	26,449	9,32	1,95	3,08	5,03	0,8584
64	1871	88,5	23,875	9,17	2,86	2,89	5,75	0,8703
65	1872	134.0000	62,6667	10,24	3,57	3,15	6,71	0,8584
66	1873	57,6364	23,6033	11,15	1,55	2,76	4,31	0,8584
67	1874	119.5000	5,75	8,28	2,92	2,79	5,71	0,8192
68	1875	69,2727	30,6281	8,71	3,26	2,69	5,95	0,8584
69	306	105.7143	17,18	14,19	5,34	4,28	9,62	0,7216
70	307	94,2857	12,3265	17,02	5,06	4,79	9,85	0,6697
71	308	104.7273	26,3802	15,76	4,37	4,5	8,87	0,7603
72	309	49,5385	10,1775	12,86	6,08	3,99	10,07	0,742
73	310	73,2222	14,0247	11,66	4,05	4,04	8,09	0,7706
74	311	106.1667	28,1667	13,77	7	4,66	11,65	0,7519
75	312	79	44	12,71	7,45	4,4	11,85	0,7826
76	313	113.6250	42,7188	13,31	5,93	3,9	9,83	0,6494

Číslo snímku	Věk	WTI	Geo	Pveg	Nadvys	Listnatost	Pocet_dru	Dominana
37	17	8,737347	18	LF	427,4512	2	4	Fs
38	17	8,146761	18	LF	429,2162	1	6	Pa
39	6	8,314223	18	LF	425,9098	2	10	Ostlist
40	6	8,923185	18	LF	413,4431	1	3	Pa
41	16	9,68233	5	LF	400,1511	2	5	Fs
42	10	8,043028	18	LF	416,7411	2	5	Ostjehl
43	17	7,296599	3	TF	410,0806	2	13	Ostlist
44	17	7,962522	41	TF	389,851	2	25	Ostlist
45	7	10,33295	41	TF	370,7872	1	2	Pa
46	10	8,81611	13	LF	385,2182	1	16	Pa
47	10	9,027372	13	LF	388,9225	1	22	Pa
48	6	13,58925	3	luhy	423,8811	2	17	Ostlist
49	7	10,06175	5	LF	434,7798	1	1	Pa
50	15	8,513237	41	LF	451,8268	1	10	Qp
51	15	8,169188	41	LF	459,5904	2	7	Fs
52	6	8,065492	41	luhy	434,7041	2	11	Qp
53	6	9,436709	41	LF	415,9416	1	11	Ostjehl
54	10	8,485912	48	LF	420,0429	1	16	Ostjehl
55	7	10,42305	48	LF	465,2931	1	4	Pa
56	8	10,19647	41	LF	467,4222	1	3	Pa
57	12	9,86629	41	LF	460,7069	1	3	Pa
58	8	11,26004	41	LF	466,715	1	0	Pa
59	17	10,99136	48	LF	455,5992	2	17	Fs
60	17	9,457608	41	LF	448,973	2	2	Fs
61	6	11,7388	41	TF	436,0042	2	10	Fs
62	6	10,9274196	41	TF	439,1519	1	0	Pa
63	6	14,28566	3	luhy	420,5419	2	6	Qp
64	6	11,50853	41	luhy	365,2994	2	13	Fs
65	6	9,603911	41	luhy	369,9481	2	19	Qp
66	17	11,42917	41	LF	457,5828	2	8	Fs
67	8	12,29624	41	LF	455,2627	1	5	Pa
68	17	11,99966	18	TF	464,9854	2	4	Qp
69	8	10,29971	41	LF	442,7878	1	11	Pa
70	8	10,62782	41	LF	446,4416	1	9	Pa
71	8	8,15327	5	LF	453,5802	1	4	Pa
72	12	10,59458	18	LF	422,7893	2	8	Qp
73	6	10,3764	18	LF	427,2245	1	0	Pa
74	6	10,35356	18	TF	414,0133	2	22	Ostlist
75	6	10,35356	18	TF	405,5464	2	11	Ostlist
76	10	9,802055	41	LF	465,7986	1	4	Pa

Číslo snímku	Pokryvnost stromového patra(%)	Pokryvnost keřového patra(%)	Pokryvnost bylinného patra(%)	Svah(°)	Název	Opad	Humus	A0
77	70	0	3	10	J33	2	2	1
78	60	0	70	5	L59	2	1	3
79	70	0	2	5	J59	2	2	2
80	60	0	1	12	J58	1	2	1
81	95	0	1	4	L43	2	1	2
82	90	0	40	5	L42	3	2	1
83	50	0	10	17	J45	1	1	1
84	80	2	5	12	J42	1	1	3
85	70	0	7	10	J43	1	1	1
86	50	0	50	5	L49	2	1	2
87	65	0	1	10	J39	2	1	2
88	90	0	3	10	L46	2	2	3
89	95	0	15	5	L68	1	3	2
90	85	5	98	3	L66	1	2	3
91	70	0	5	5	J64	1	1	3
92	90	1	15	5	L57	2	1	1
93	90	10	1	5	L69	1	2	2
94	90	0	60	5	L60	1	1	2
95	90	1	5	3	L74	2	1	1
96	98	0	15	2	L67	2	2	1
97	70	0	30	7	J68	2	1	1
98	95	0	10	5	J67	5	3	2
99	70	0	2	3	J79	2	1	2
100	80	10	50	5	J80	1	1	2
101	80	0	10	5	J81	3	1	2
102	60	5	60	5	L79	2	1	2
103	70	5	1	5	J75	2	1	2
104	90	0	1	3	L73	2	1	1
105	80	0	30	5	J70	2	2	1
106	60	0	95	10	J69	3	2	2
107	70	0	10	30	J77	2	1	2
108	75	0	0	5	J74	3	2	2
109	80	0	0	5	J73	2	1	2
110	70	0	30	3	J76	2	0	5
111	70	0	0	3	J78	3	3	3
112	90	0	1	5	J82	1	2	1
113	80	0	60	5	L82	1	2	1
114	70	0	80	5	L78	2	1	1
115	60	40	1	2	J71	3	2	2
116	75	0	1	10	J65	2	1	4

Číslo snímku	Číslo fotografie	Průměr stromů	Odchylka průměru stromů	Pernc_can	Trans_dir	Trans_dif	Trans_tot	PDSI
77	314	63,8571	13,551	11,99	4,41	4,1	8,52	0,741
78	315	208.7500	23,25	14,01	2,24	4,4	6,64	0,8828
79	316	106.0000	14,6667	11,37	3,15	3,96	7,11	0,8069
80	317	74,5714	15,3469	11,65	4,22	4,08	8,31	0,7514
81	318	174.4000	33,68	15,06	5,66	4,18	9,84	0,813
82	319	115.2000	23,84	17,96	5,31	4,3	9,61	0,8015
83	320	87	15,6667	12,71	3,53	4,43	7,96	0,6594
84	321	94,4286	34,3673	15,68	3,21	4,19	7,4	0,7156
85	322	81,7778	14,9877	11,91	4,26	4,13	8,4	0,741
86	323	248.0000	12	14,16	2,91	4,37	7,28	0,8019
87	324	124.5000	15	14,89	2,81	4,54	7,35	0,742
88	325	124.5000	15	17,62	3,74	4,19	7,93	0,8389
89	326	145.7500	39,75	16,05	1,07	4,17	5,24	0,8828
90	327	50,7273	12,9256	12,51	5,52	4,01	9,52	0,866
91	328	109.4000	12,72	10,56	2,04	3,89	5,93	0,8674
92	329	209.0000	6	18,98	5,27	4,84	10,1	0,8111
93	330	71,8	25,84	13,15	3,57	4,22	7,79	0,8828
94	331	52,5556	12,4938	14,95	3,32	4,35	7,66	0,8797
95	504	62,2857	9,7959	13,61	5,11	4,19	9,29	0,8391
96	505	83,5	63,2	16,33	5,72	4,1	9,81	0,8666
97	506	126.7500	24,25	22,15	9,69	6,86	16,55	0,7853
98	507	101.0000	16,3333	11,95	6,48	4,02	10,5	0,8324
99	508	89,4	6,24	11,02	3,15	3,97	7,12	0,8246
100	509	60,4545	25,3884	12,26	2,96	3,89	6,85	0,8256
101	510	78,7143	38,5306	12,21	3,89	4,05	7,94	0,1206
102	511	204.0000	78	19,11	2,89	4,99	7,88	0,8828
103	512	99,8571	21,3061	12,56	5,08	4,09	9,17	0,8828
104	513	76,2857	49,551	15,37	4,24	4,45	8,69	0,825
105	514	112.0000	27	16,52	5,1	4,71	9,81	0,8019
106	515	92,8	9,04	15,61	4,72	5,25	9,97	0,9068
107	516	84,8889	15,679	11,57	2,2	3,96	6,16	0,5291
108	517	63,1333	8,56	13,86	4,66	4,52	9,18	0,8111
109	518	66	16	12,45	5,22	4,35	9,57	0,8089
110	519	137.0000	47,3333	14,31	3,76	4,06	7,82	0,8247
111	520	122.8000	8,16	11,77	4,16	4,08	8,24	0,8305
112	521	92,75	25	12,32	5,83	4,03	9,86	0,8111
113	522	152.5000	48,75	17,04	3,28	3,52	6,79	0,8111
114	523	199.2000	68,96	23,65	4,22	6,17	10,4	0,8853
115	524	120.6667	19,5556	10,94	4,56	3,91	8,47	0,8444
116	525	106.5714	13,9184	11,44	3,6	3,95	7,55	0,8663

Číslo snímku	Věk	WTI	Geo	Pveg	Nadvys	Listnatost	Pocet_dru	Dominanta
77	8	9,55059	18	LF	474,9465	1	8	Pa
78	17	9,481135	41	LF	463,8608	2	13	Fs
79	7	10,84677	41	TF	446,4604	1	3	Pa
80	7	11,72719	41	luhy	434,7456	1	2	Pa
81	17	9,134886	18	TF	458,0421	2	2	Fs
82	17	10,46206	41	TF	449,0793	2	12	Fs
83	7	9,868535	48	TF	393,8389	1	17	Pa
84	13	8,03519	41	TF	448,3207	2	6	Qp
85	7	11,2604	18	TF	442,5698	1	8	Pa
86	17	8,732213	18	TF	426,1833	2	14	Fs
87	10	9,121976	18	LF	408,801	1	2	Pa
88	17	8,146761	18	LF	419,0261	2	3	Fs
89	17	10,51918	41	luhy	428,9582	2	10	Fs
90	17	13,77908	41	TF	422,0789	2	8	Ostlist
91	17	13,77908	4	TF	431,1518	1	2	Pa
92	17	10,5404	41	TF	432,9744	2	10	Fs
93	17	10,29047	41	luhy	432,5998	2	5	Qp
94	17	9,762029	41	luhy	444,0226	2	8	Qp
95	17	8,405283	41	TF	447,9968	2	8	Qp
96	17	14,15497	41	TF	418,3123	2	8	Fs
97	8	11,26567	4	TF	411,2643	1	4	Pa
98	8	11,34593	18	TF	408,3166	1	4	Pa
99	7	9,652717	41	TF	417,5254	1	5	Pa
100	6	10,27684	41	TF	407,0706	2	13	Qp
101	7	8,680388	41	TF	382,2309	1	6	Pa
102	16	8,516102	41	TF	439,2888	2	12	Fs
103	7	10,17724	41	TF	401,8427	1	10	Pa
104	17	9,836117	41	TF	425,9091	2	7	Fs
105	8	12,90823	41	luhy	397,3277	1	4	Pa
106	6	9,533504	4	luhy	406,6377	1	12	Ostjehl
107	7	8,103491	41	TF	422,8883	1	9	Pa
108	11	8,067193	18	LF	430,1909	1	0	Pa
109	9	11,20386	18	LF	426,7397	1	0	Pa
110	16	10,47979	41	TF	400,3186	2	11	Fs
111	7	10,64517	41	TF	403,85	1	0	Pa
112	8	11,26567	48	luhy	392,0404	1	1	Pa
113	17	8,102266	48	TF	440,9764	2	12	Fs
114	17	9,166153	41	LF	430,0171	2	11	Fs
115	8	10,02779	41	LF	438,3365	1	2	Pa
116	8	7,892797	4	luhy	418,5904	1	1	Pa

9.5 Ellenbergovy hodnoty pro vybrané snímky:

Číslo snímku	Shannonův index	Světlo	Teplota	Půdní reakce	Dostupnost živin
1	2,17	5,3	5,14	4,11	4,2
3	1,67	5,8	4,8	3,33	4,1
4	1,67	5,17	5,5	3,4	4,33
6	1,05	5,67	5	2,67	3,67
8	1,35	6	5	2	2,75
9	1,1	6	4,67	4,67	4
10	1,86	4,44	5,67	5,85	5,88
11	1,88	4,88	5,67	4,25	5,5
12	1,57	4,5	5,6	5,2	5,63
13	2,17	5,43	5	6,11	5,71
14	2,23	4,7	5,5	5,75	6,56
16	2,59	5,1	5,71	4,92	5,26
20	1,05	4	6	3	5,33
23	2,69	5,56	5,56	5,8	5,71
24	2,53	5,23	5,67	5,36	5,38
25	2,3	5,5	5,49	4	5,83
26	1,82	4,43	5,75	6	6,5
27	1,09	5,36	5,75	5,57	5,73
28	2,33	4,56	5,5	5,75	5,5
29	2,03	4,75	5,25	3,33	4,13
31	2,18	4,29	5	5,6	5,64
32	1,73	5	5	3,67	3,5
35	1,53	4,17	5	3,33	4
37	1,33	4,75	5	3	3,75
38	1,59	4,2	5	3,5	4,25
40	1,06	5,67	5	4	3,67
41	1,32	4	5,33	3,75	4,6
46	2,48	5,7	5,29	3,4	4,5
47	2,06	5,1	5,33	3,88	4,7
50	2,18	5,11	5	3,57	4,56
51	1,9	4,71	5,25	3	4,43
52	2,06	5	5,25	4,4	5,25
55	1,1	3,67	6	3	5
59	2,63	5,19	5,56	5,45	6,18
61	1,48	4,44	5,17	5,67	5,9
63	0,84	5	5	4,5	4,25
64	2,52	4,25	5,29	5,14	5,92
65	2,42	6	5,67	5,82	6,19

66	1,89	4,33	5	5,6	5,29
67	1,58	5	5	3,5	4,6
68	0,89	5,67	5	3,5	5
69	2,25	5,6	5,25	4,33	5,88
70	2,18	5,44	5,25	4,2	5,67
76	1,33	5,75	5,5	3	5
77	2,03	4,88	5,5	5,5	6,57
78	2,15	4,58	5,33	6,11	6,15
79	1,05	4,67	6	4,33	5,67
82	2,4	4,5	5,33	5,78	5,92
83	2,77	5,31	5,25	4,91	5,94
84	1,59	5	5	4,75	5,2
85	2,04	3,75	5,33	6,5	6,75
86	1,83	4,14	5,11	6,1	5,62
88	1,1	5,33	5	3	4
89	2	4,67	5,5	5	5,56
92	2,17	4,13	5	5,38	5,57
93	1,33	4,75	5,5	6	6
94	1,14	4,38	5,29	7	6,57
95	1,86	4	5,25	6	5,43
96	1,99	3,88	5	4,83	5,57
97	0,9	4,75	5	4	5
98	1,27	4,5	5,33	6,33	6,25
99	1,58	4,8	5,5	4	6
100	2,09	4,69	5,6	5,63	6,45
101	1,75	5	5,5	4	6,2
102	1,7	4,73	5,43	6,5	6,73
103	2,06	4,25	5	4,5	6
104	1,89	4,57	5,25	6,2	6,43
105	0,9	6,5	5	3,5	5
107	2,14	4,75	5,5	5,57	5,57
110	2,23	4	5,4	5,5	6
113	2,03	4,91	5,2	6,14	6,67
114	2,11	4	5,2	6	5,73